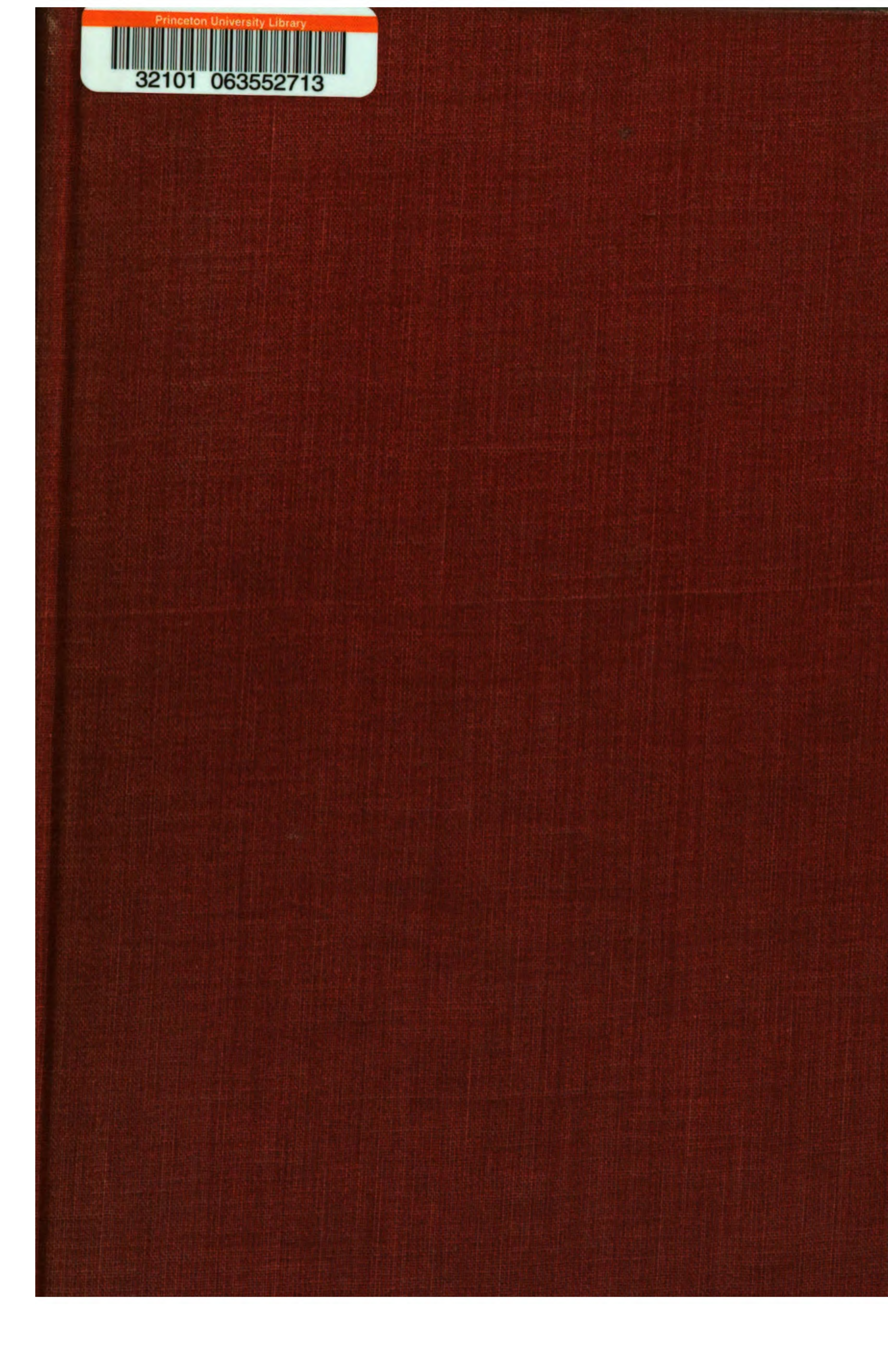
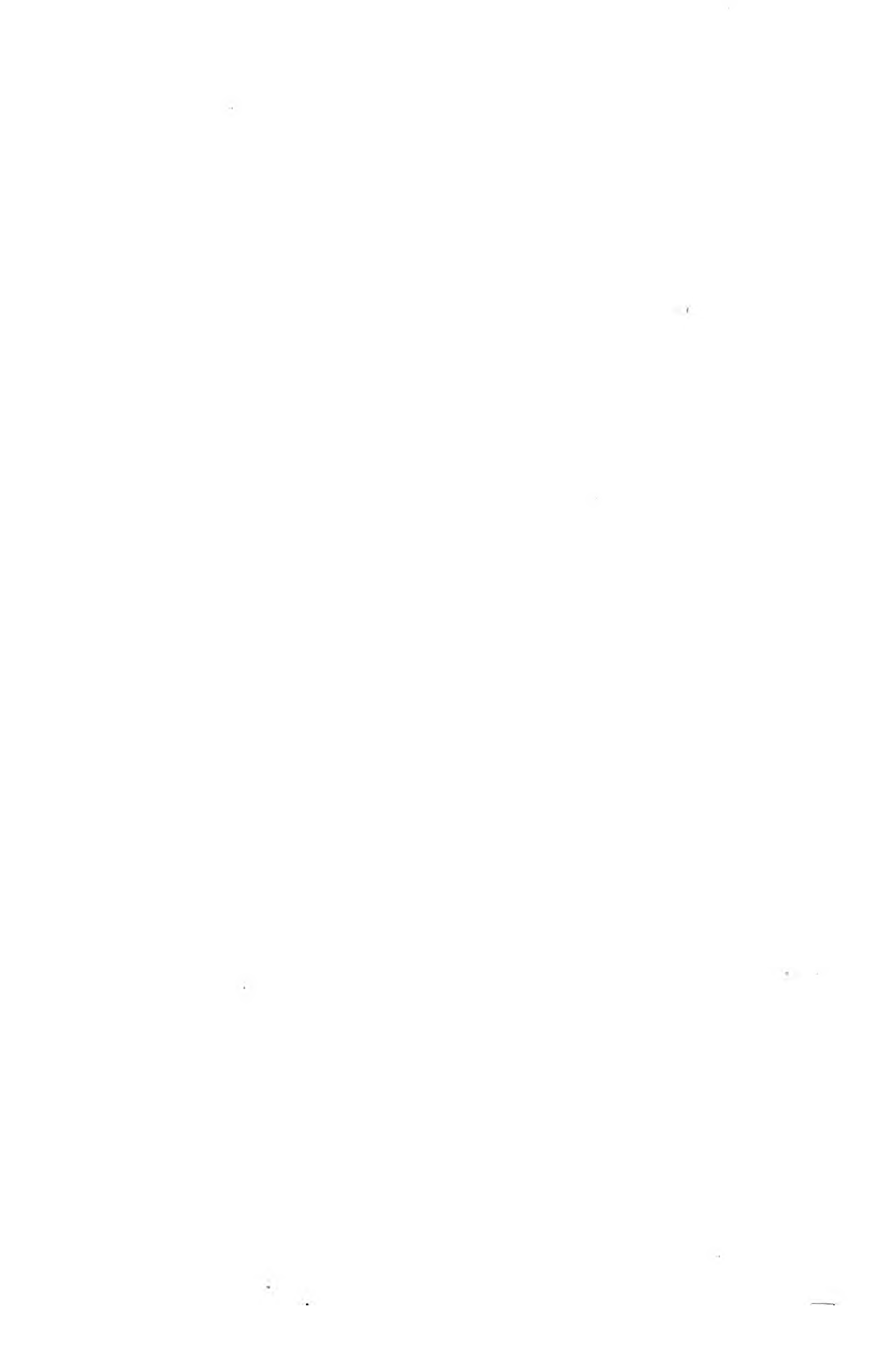


Howard C. Warren
Princeton, N.J.

November, 1913.



Zeitschrift
für
Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane
begründet von
Herm. Ebbinghaus und Arthur König
herausgegeben von
F. Schumann und J. Rich. Ewald.

I. Abteilung.

Zeitschrift für Psychologie.

In Gemeinschaft mit

S. Exner, J. v. Kries, Th. Lipps, A. Meinong,
G. E. Müller, A. v. Strümpell, C. Stumpf, A. Tschermak
Th. Ziehen

herausgegeben von

F. Schumann.

Ergänzungsband 7.

Die Erscheinungsweisen der Farben und ihre Beeinflussung durch die individuelle Erfahrung.

Von **David Katz.**

Leipzig.
Verlag von Johann Ambrosius Barth.
1911.

Die

Erscheinungsweisen der Farben

und ihre Beeinflussung durch die individuelle Erfahrung.

Von

David Katz

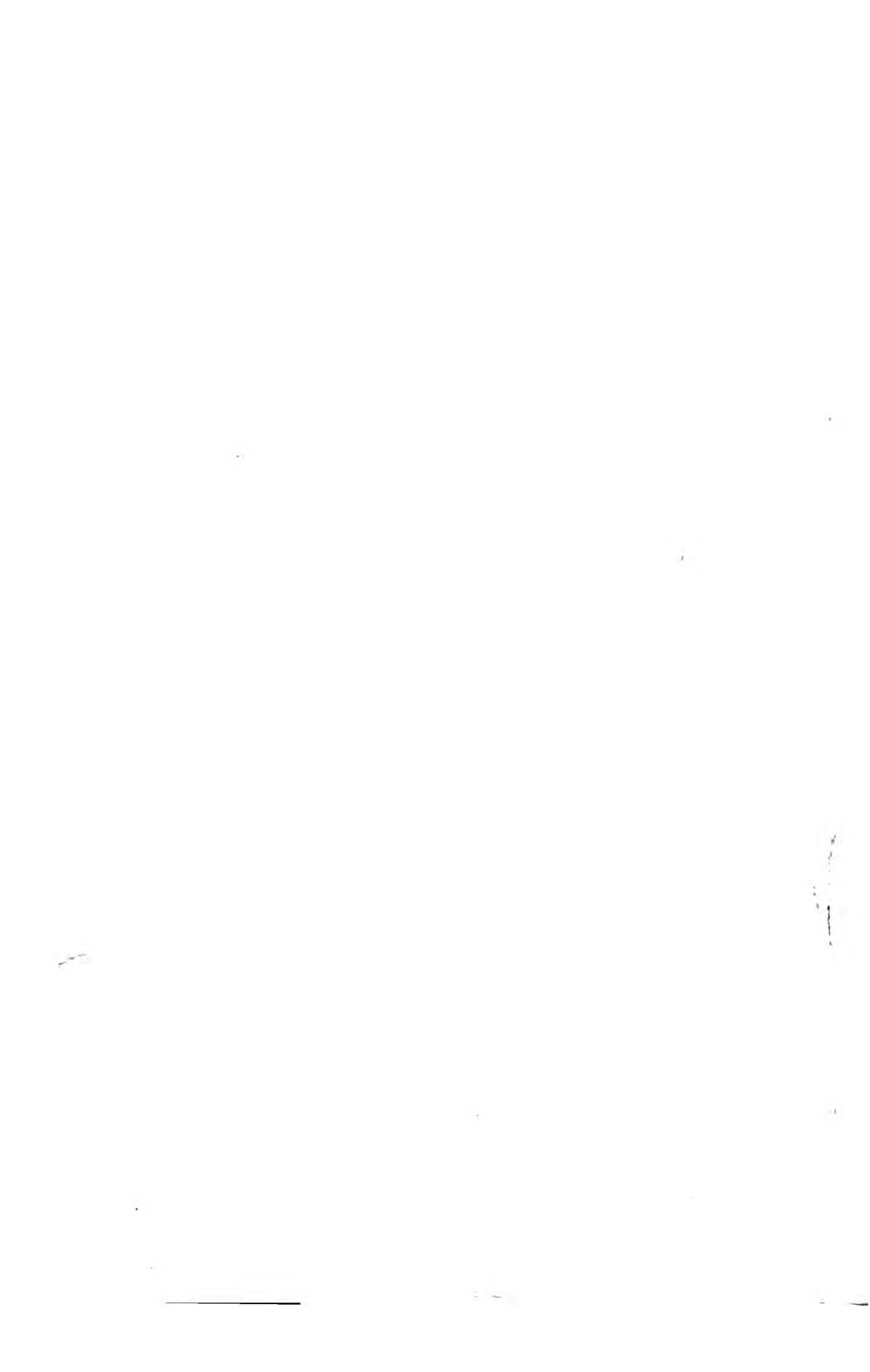
Privatdocent der Philosophie an der Universität Göttingen.



Leipzig.

Verlag von Johann Ambrosius Barth.

1911.



Meinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Georg Elias Müller

als ein Zeichen herzlicher Dankbarkeit.



Vorwort.

Als ich vor etwa vier Jahren Mitteilung von einer Reihe von Versuchen „über den Einfluß der Gedächtnisfarben auf die Wahrnehmungen des Gesichtssinnes" machte, behielt ich die an diese Versuche anzuknüpfenden theoretischen Überlegungen einer späteren Veröffentlichung vor. Die vorliegende Arbeit, innerhalb deren theoretische Erörterungen überhaupt nur einen verhältnismäßig kleinen Raum einnehmen, ist nicht allein als eine Ergänzung meiner Mitteilung in diesem Sinne aufzufassen. Wohl aber gaben die veröffentlichten Versuche den Anlaß zu den nun vorgelegten Untersuchungen, indem ich erkannte, daß ihr volles Verständnis nur im Lichte anderer umfassender Beobachtungen und Versuche möglich sein würde. Es wurde mir im Laufe der Untersuchungen klar, daß sich die Gedächtnisfarben, von denen ich anfänglich annahm, es möchte ihnen beim Sehen von Farben, soweit es durch die Erfahrung beeinflußt wird, eine zentrale Stellung zukommen, mit einer untergeordneten Rolle bei dessen Erklärung begnügen müßten. Ich betone aber bereits hier, daß sich mit dieser Änderung in der Auffassung an der Gültigkeit der in meiner früheren Mitteilung enthaltenen Versuche, deren Darstellung ich zum Teil wörtlich in die vorliegende Arbeit übernehmen konnte, nichts geändert hat.

Die Beobachtungen und Versuche, deren Bericht ich vorlege, haben sich über einen Zeitraum von nahezu fünf Jahren erstreckt. Ein langsames Ausreifen ist Arbeiten, die wie die vorliegenden am besten auf einer breiten empirischen Basis gedeihen, sehr vorteilhaft. Ich hoffe, daß ich mit einigem Vorteil vorurteilslose Beschreibung mit experimenteller Durcharbeitung des Mate-

rials verknüpft habe. Man möge nicht den Aufwand an technischen Mitteln als Maßstab für die Güte einer experimentell-psychologischen Arbeit ansehen; tut man dies, so wird man den vorliegenden Versuchen, die mit den primitivsten Mitteln angestellt worden sind, nur wenig Interesse entgegenbringen dürfen.

Ich glaube in der Beschreibung der Erscheinungsweisen der Farben einigermaßen vollständig gewesen zu sein, die wesentlichsten Fragen, welche sich hinsichtlich der Beeinflussung des Farbensehens durch die individuelle Erfahrung erheben, berührt und einige so weit gefördert zu haben, als es bei einer ersten systematischen Inangriffnahme dieses umfangreichen Gebietes möglich war. Es erschien mir unfruchtbar und zurzeit auch nicht möglich, gegenüber dem Reichtum und der Kompliziertheit der untersuchten Erscheinungen mit einer allgemeinen Definition des Erfahrungsmotivs aufzutreten. Fragen, die mir bis jetzt nicht lösbar erschienen, habe ich nicht verdeckt; in dieser Beziehung verweise ich speziell auf die Ausführungen des § 36. Nicht alles, worauf ich, von den mitgeteilten Versuchen ausgehend, noch hätte hinweisen können, aber nicht hingewiesen habe, um die Arbeit nicht allzu umfangreich werden zu lassen, habe ich übersehen; der aufmerksame Leser wird auch dort, wo ich einen Hinweis unterlassen habe, die Möglichkeit neuer Fragestellungen erkennen. Nur mit den Hinweisen auf anschließende Probleme der Gemäldekunst bin ich weniger zurückhaltend gewesen. Verf. (der sich selbst etwas mit Malen beschäftigt) teilt nämlich die Ansicht, daß die aufmerksame Betrachtung von Gemälden den Psychologen zu neuen Untersuchungen anregen kann, daß andererseits die Erklärung der Bildwirkung mit den Mitteln der Sinnespsychologie möglich ist. Bis jetzt ist man von psychologischer Seite in dieser Beziehung nicht weit über das von Helmholtz in seinem Vortrag „Optisches über Malerei" Gesagte hinausgegangen. Ich hoffe die hier und dort in der vorliegenden Arbeit gegebenen Ansätze in nicht allzu ferner Zeit weiter zu entwickeln.

Für die Philosophie haben die vorliegenden Untersuchungen nach zwei Richtungen Interesse. Sie dienen einerseits einem allgemeineren philosophischen Interesse, indem vorurteilslose Farben-Raum-Analysen nach der Art der Analysen unseres ersten Abschnittes im Sinne moderner erkenntnistheoretischer Bestrebungen gehalten sind, auf das unmittelbar in der Wahrnehmung Gegebene zurückzugehen und sich die Arten des anschaulich

Gegebenen zur Klarheit zu bringen. Unsere Analysen zeigen, welcher Weg von dem zu beschreiten ist, der es mit der Untersuchung des in der Gesichtswahrnehmung unmittelbar Gegebenen Ernst nimmt. Andererseits dienen die gegebenen Darlegungen speziellen philosophischen Interessen, nämlich insoweit, als sie sich auf das Raumproblem erstrecken. Für die Untersuchung der Raumanschauung dürften Betrachtungen, wie sie an verschiedenen Stellen, vor allem in den Paragraphen 1—7, angestellt worden sind, von Belang sein.

Sachlich habe ich mich am engsten an Herings klassische Darstellungen über die hier untersuchten Erscheinungen angeschlossen. Gerade diejenigen Ausführungen, welche er über das durch die Erfahrung beeinflußte Sehen von Farben gegeben hat, werden wegen ihrer treffenden Klarheit und schlichten Schönheit stets ihren Wert behalten. Es ist fast nur in der Auffassung der Erscheinungen, daß ich — und da allerdings wesentlich — von ihm abweiche. Daß neben Hering Helmholtz in diesen Dingen die größte Berücksichtigung gefunden hat, bedarf kaum der Erwähnung.

Herzlichen Dank möchte ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor G. E. Müller, für das wohlwollende Interesse sagen, das er dieser Arbeit entgegengebracht hat. Ich gedenke mit besonderer Freude der vielseitigen Anregung, die mir speziell aus seinen Vorlesungen über die Farbenempfindungen geworden ist. Ich fühle mich verpflichtet, ihm für die weitgehende Rücksichtnahme zu danken, die er mir als Assistenten des Psychologischen Institutes auch bei der zeitraubenden Abfassung dieser Arbeit gewährt hat.

Göttingen, im Juli 1911.
Psychologisches Institut.

Inhaltsverzeichnis.

Kapitel II.

Die bunten Oberflächenfarben bei tonfreier Beleuchtung.

Verzeichnis von Abkürzungen für einige in den nachfolgenden Ausführungen zitierte Schriften oder Abhandlungen.

L. Bach, Pupillenlehre. Berlin 1908. — Bach.

H. Ebbinghaus, Grundzüge der Psychologie. Bd. 1, 2. Aufl. Leipzig 1905. — Ebbinghaus.

G. Th. Fechner, Über einige Verhältnisse des binokularen Sehens. Abhandl. d. math.-phys. Kl. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. Bd. 5, 1861. — Fechner.

H. v. Helmholtz, Vorträge und Reden. Bd. 2, 4. Aufl. Braunschweig 1896. — Helmholtz I.

—, Handbuch der Physiologischen Optik. 2. Aufl. Hamburg und Leipzig 1896. — Helmholtz II.

E. Hering, Beiträge zur Physiologie. Leipzig 1861. — Hering I.

—, Zur Lehre vom Lichtsinn. Wien 1878. — Hering II.

—, Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges in Hermanns Handbuch der Physiologie. Bd. 3, Teil 1. Leipzig 1879. — Hering III.

—, Über die Theorie des simultanen Kontrastes von Helmholtz in Pflügers Archiv Bd. 43, 1888. — Hering IV.

—, Über das sogenannte Purkinjesche Phänomen in Pflügers Archiv. Bd. 60, 1895. — Hering V.

—, Zur Lehre vom Lichtsinn. Sonderabdruck aus Gräfe-Sämischs Handbuch der gesamten Augenheilkunde. Teil 1, Kap. 12. Leizpig 1905 und 1907. — Hering VI.

C. Hess, Die Anomalien der Refraktion und Akkommodation mit einleitender Darstellung der Dioptrik des Auges in Gräfe-Sämischs Handbuch der gesamten Augenheilkunde. Bd. 8, Abt. 2. Leipzig 1903. — Hess.

Fr. Hillebrand, In Sachen der optischen Tiefenlokalisation. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 16, 1898. — Hillebrand I.

—, Das Verhältnis der Akkommodation und Konvergenz zur Tiefenlokalisation. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 7, 1894. — Hillebrand II.

E. R. Jaensch, Zur Analyse der Gesichtswahrnehmungen. Ergänzungsband 4 der Zeitschr. f. Psychol. 1909. — Jaensch I.

—, Über eine Verallgemeinerung des Kosterschen und des Aubert-Foersterschen Gesetzes. Zentralblatt f. Physiol. Bd. 24, 1910. — Jaensch II.

D. Katz, Versuche über den Einfluß der „Gedächtnisfarben" auf die Wahrnehmungen des Gesichtssinnes. Zentralblatt f. Physiol. Bd. 20, 1907. — Mitteilung.

A. Kirschmann, Der Metallglanz und die Parallaxe des indirekten Sehens. Wundts Philos. Stud. Bd. 11, 1895. — Kirschmann.

J. v. Kries, Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse. Leipzig 1882. — Kries I.

—, Die Gesichtsempfindungen in W. Nagels Handbuch d. Physiol. d. Menschen, Bd. 3. Braunschweig 1905. — Kries II.

G. E. Müller, Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 10, 1896. — Müller I.

—, Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 14, 1897. — Müller II.

W. Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. Leipzig und Heidelberg, 1862. — Wundt I.

—, Grundzüge der Physiol. Psychol. 6. Aufl. Bd. 2. Leipzig 1910. — Wundt II.

Abschnitt I.

Die Erscheinungsweisen der Farben.

§ 1. Einleitung.

Man kann in der durch G. E. MÜLLER[1] modifizierten Theorie der Gegenfarben wie in der Zonentheorie von J. v. KRIES[2] Farbentheorien sehen, welche dem Befund der psychologischen Farbenanalyse einerseits, den Abhängigkeitsbeziehungen zwischen den Lichtreizen und den ausgelösten Empfindungen andererseits unter Berücksichtigung der Abweichungen vom normalen Farbensehen in gleicher Weise gerecht zu werden versuchen. Daß für eine erschöpfende Untersuchung der Farbenphänomene die Verschmelzung der beiden Methoden, der „subjektiven", sowie der „objektiven", wie wir sie einmal kurz bezeichnen wollen und als deren typische Vertreter auf der einen Seite HERING, auf der anderen HELMHOLTZ zu nennen ist, eine Notwendigkeit ist, wird kaum noch einen Widerspruch erfahren.[3] Ich selbst werde bei den vorliegenden Untersuchungen von beiden Methoden in ausgiebiger Weise Gebrauch machen und dabei die Beschreibung und Klassifikation der Erscheinungen, so wie es in jedem Wissenszweig zu geschehen pflegt, auch hier an die Spitze stellen. Soweit die Farbenpsychologie die Beschreibung ihres Gegenstandes vorgenommen hat, ist es selten mit der wünschenswerten Einstimmigkeit geschehen, eine Behauptung, für die aus der Geschichte der Psychologie wie

---

[1] MÜLLER I und II sowie Ber. über den ersten Kongr. f. exp. Psychol. Gießen 1904, S. 6 ff.

[2] KRIES II, S. 209.

[3] So steht auch v. KRIES in seiner letzten Darstellung der Farbenempfindungen (KRIES II) der subjektiven Methode sympathischer gegenüber als in der Darstellung, die er ihnen früher (KRIES I) angedeihen ließ.

Physiologie der Farben mannigfache Belege erbracht werden können. Zur Illustrierung des Gesagten sei nur verwiesen auf die Ansichten, die hinsichtlich der Eigentümlichkeiten jener Farbenreihe, die vom Schwarz [1] zum Weiß läuft, in Geltung gewesen sind oder auf die Diskussion über die Stellung und Bedeutung gewisser ausgezeichneter Farben (Urfarben) im Farbenzirkel. Die Gründe für die Divergenz der Meinungen in diesen und anderen Punkten der Farbenpsychologie sind in erster Linie wohl darin zu suchen, daß bei der Mannigfaltigkeit der Standpunkte, von denen aus man an das Problem der Farbe herangehen kann (die physikalische, technische, physiologische, psychophysische, psychologische, ästhetische Betrachtungsweise), während der Untersuchung der hier allein berechtigte psychologische Standpunkt nicht immer konsequent gewahrt blieb. Während es nicht schwer ist, den soeben angedeuteten Fehler zu vermeiden, muß man bei der psychologischen Farbenanalyse mit gewissen Schwierigkeiten rechnen, die ich als ihr selbst i m m a n e n t bezeichnen möchte.

Da Schwierigkeiten dieser Art eine nicht unerhebliche Rolle bei meinen Untersuchungen spielen, so sei mit kurzen Worten bereits hier auf sie eingegangen. An und für sich ist es nicht jedermanns Sache, farbige Verhältnisse Beurteilungen von dem psychologischen Standpunkte aus zu unterwerfen. Man lese zu diesem Punkte nach, was G. E. Müller [2] seinen Versuchen über galvanische Gesichtsempfindungen vorausgeschickt hat; den Inhalt der dort angeführten Virchowschen Beobachtung über Schwierigkeiten bei Farbenbezeichnungen findet man durchaus bestätigt, wenn man hier und dort in ungeübtem Kreise diesbezügliche Proben anstellt, wie ich es zuweilen getan habe. Das ist der Fall, wenn man selbst innerhalb der Domäne bleibt, wo auch der Laie mit Farbennamen leicht und fehlerlos schalten zu können glaubt, nämlich wenn es sich um nichts weiter als die Bezeichnung der farbigen Qualitäten von normal beleuchteten Körpern (die Farben, welche an irgendwie beleuchteten Körpern auftreten, werden später von mir als Oberflächenfarben bezeichnet) handelt. Nun komme man aber nicht mit Fragen nach der Farbe von Objekten,

---

[1] Hinsichtlich der verschiedenen Auffassung des „Schwarz“ vgl. z. B. A. v. Tschermak, Ergebn. d. Physiol. 2. Jahrg. 2. Abt. 1903, S. 769 f. sowie James Ward in the British Journal of Psychology Vol. I 1904—1905, S. 407 ff.

[2] Zeitschr. f. Psychol., Bd. 14, 1897, S. 341 ff.

die sich unter ungewohnten Beleuchtungsverhältnissen befinden. Die ganze innere Einstellung des naiven Menschen zielt auf die unverändert gedachte Farbenqualität des Körpers, nicht auf seine besondere farbige Zuständlichkeit hin. „Im allgemeinen gibt sich der Mensch gar keine besondere Rechenschaft von der Farbe, die er eben sieht, er macht die Farbe gar nicht zum Gegenstand besonderer Beachtung, sondern er benutzt sie nur als Zeichen, an denen er die Dinge wieder erkennt.“ [1] In gleicher Richtung wie diese HERINGschen bewegen sich Ausführungen von v. KRIES.[2] Ähnlichen Gedanken gibt bereits HELMHOLTZ [3] Ausdruck. Wir werden in unseren Versuchen dort, wo es sich um von der besonderen Beleuchtung beeinflußte Oberflächenfarben handelt, diese Ausführungen in konkreten Fällen bestätigt finden. Die Schwierigkeiten, Farben richtig zu benennen, sind ähnlicher Natur, wenn farbige Erscheinungen von eigentlich zuständlicher [4] Wesensart, also nicht solche, die wenigstens noch auf eine gewisse Gegenständlichkeit hindeuten, zur Beurteilung vorliegen. Als farbige Erscheinungen dieser Art figurieren unten die abschließenden Flächenfarben und durchsichtigen Flächen- und Raumfarben. Es mangelt den meisten Beobachtern eben durchaus an der nötigen psychologischen Einstellung sowie der unumgänglichen Übung, solche Zuständlichkeiten zu beurteilen; für unsere Orientierung in der Außenwelt sind sie gegenüber der Erkenntnis gegenständlicher Beziehungen von verschwindendem Wert.[5] (Ganz andere Bedeu-

---

[1] HERING VI, S. 11.

[2] Ueber die Messung intensiver Größen und über das sog. psychophysische Gesetz. Vierteljahrsschr. f. wiss. Philos. Bd. 6, 1882, S. 286 ff. sowie KRIES II, S. 239.

[3] HELMHOLTZ II, § 26.

[4] Man gestatte der Kürze wegen diese Ausdrucksweise, wenn sie sich auch nicht mit der in der Erkenntnistheorie üblichen deckt.

[5] Hierher gehört die von W. H. R. RIVERS konstatierte Tatsache, daß Naturvölkern die Farben, solange sie wie die Farben des Himmels und der Vegetation wesentlich ästhetischen Wert, aber keine praktische Bedeutung haben, recht gleichgültig sind. „It is individual objects which he can take in his hand and use in his daily life which interest him and it is to the attributes of these that names are given“. Reports of the Cambridge anthropological expedition to Torres Straits. Volume II. Physiology and Psychology. Part. I. Introduction and Vision. Cambridge 1901, S. 96. Mit der Auffassung RIVERS' harmoniert die Tatsache gut, daß die Kaffernsprache allein für die Färbung und Zeichnung des Rindviehs mehr als 26 Bezeichnungen hat. H. MAGNUS, Untersuchungen über den Farbensinn

tung besitzen sie für den Maler). Selbst dem geschulten Beobachter begegnen hier Farben von so schwer bestimmbarem Charakter, daß man recht wohl in manchen Fällen von einer qualitativen Unbestimmtheit der Farben sprechen könnte (s. die Einstellungen der Vp. P. in § 10). Ich werde nicht versäumen, im Laufe der vorliegenden Untersuchungen an den in Betracht kommenden Stellen noch näher auf die immanenten Schwierigkeiten der psychologischen Farbenanalyse einzugehen.

Für einen gewissen Umkreis der Farbenphänomene fehlt die eingehende Beschreibung fast vollständig, weil man es versäumt hat, mit genügendem Radikalismus das gesamte Material der Gesichtswahrnehmungen des Erwachsenen, soweit darin Farben irgendeine Rolle spielen, rein nach psychologischen Gesichtspunkten zu zergliedern. Ich denke dabei an die Probleme der Erscheinungsweisen der Farben im Raume, ihre Lokalisation und Raumerfüllung, Probleme, die eng mit der Frage nach der Beeinflussung des Farbensehens durch Erfahrungsmotive zusammenhängen. HERING hat darauf hingewiesen, daß es uns in diesem Punkte noch an Untersuchungen mangelt. „Die Mannigfaltigkeit der Tatsachen, an welchen sich der Einfluß der Erfahrung (und der Gedächtnisfarben insbesondere) sowie der jeweiligen Art der Lokalisierung auf das Farbensehen darlegen ließe, ist außerordentlich groß und harrt noch einer umfassenden Darstellung.“ [1] Neben HERING ist es HELMHOLTZ [2], bei dem man in bezug auf die uns hier interessierenden Fragen zum Teil treffende Beobachtungen findet. Doch gewinnt man bei beiden Forschern den Eindruck, daß sie mehr gelegentlich auf Merkwürdigkeiten der Gesichtswahrnehmungen hinweisen als eine erschöpfende Behandlung derselben mit ihren wechselseitigen gesetzmäßigen Beziehungen geben wollten. Es lag schließlich auch für Forscher, die wesentlich farbenphysiologisch interessiert waren, nahe, ihr Augenmerk unter Abstraktion von anderen an erster Stelle solchen Farbenphänomenen zuzuwenden, deren Analyse für die Begründung einer Theorie der „elementaren“ Verhältnisse hinreichte. Die Betrachtung konkret vorliegender farbiger

---

der Naturvölker. Jena 1880, S. 19 ff. Ueber das allgemeine Problem der Farbenbenennung vgl. W. WÄTZOLDT. Zeitschr. f. Ästhetik u. allgem. Kunstwiss. Bd. 4, 1909.

[1] HERING VI, S. 11.

[2] HELMHOLTZ II, S. 606 ff.

Erscheinungen allein unter dem Gesichtspunkt ihres Farbenwertes [1] ist als möglich anzuerkennen. Man kann von der besonderen Erscheinungsweise einer Farbe im Raume abstrahieren und deren Behandlung dem Raumpsychologen zur Pflicht machen. Der Raumpsychologe allerdings ist zu wenig an der Farbe interessiert, um auch den Farbenwerten in den betreffenden Phänomenen die ihnen gebührende Aufmerksamkeit zuzuwenden. Die Zwitterstellung, welche sich hiernach für das Problem „Erscheinungsweisen von Farben" ergibt und die schon äußerlich dadurch zum Ausdruck kommt, daß dahingehörende Beobachtungen einmal mehr anhangsweise Betrachtungen über Farbenempfindungen, ein anderes Mal über Raumwahrnehmungen angegliedert worden sind, ist natürlich der Förderung der hier zu lösenden Fragen selbst nicht vorteilhaft gewesen. Unsere ersten Untersuchungen sollen in diesem Grenzgebiet zwischen Raum und Farbe stattfinden. Und so wie man sich beim ersten Eindringen in eine wenig begangene Gegend damit begnügt, vorbereitende Streifzüge zu unternehmen und den wichtigsten Punkten zur späteren Orientierung für sich und andere Namen zu geben, so wollen auch wir hier zunächst die wesentlichsten Erscheinungen dieses Grenzgebietes ordnend herausgreifen und terminologisch festlegen.

Wenn ich dem experimentellen Teil der Arbeit einen kurzen beschreibender Natur vorausschicke, in dem ich versuche, die verschiedenen Erscheinungsweisen der Farben, deren mehr oder weniger eingehende experimentelle Untersuchung geplant war, voneinander abzugrenzen, so bestimmte mich zu diesem Verfahren der Wunsch, die Gesamtheit der farbigen Erscheinungsweisen übersichtlich zu gestalten, was sich bei einer Verteilung dieser Beschreibung über die ganze Arbeit hin weniger leicht hätte erreichen lassen. Durch die Zusammenstellung ergab sich auch in natürlicherer Weise eine zweckmäßige Terminologie. Ich versuchte diese (z. T. im Anschluß an bereits bestehende sprachliche Ausdrücke) so prägnant wie möglich zu gestalten und schlage sie zum allgemeinen Gebrauch vor. Man wird im Laufe der Untersuchung erkennen, daß die Unterscheidung der von mir unterschiedenen Erscheinungsweisen berechtigt ist. Noch ein kurzes Wort darüber, wie ich gerade zu den hier mitgeteilten Unterscheidungen gekommen bin und wie es möglich war, sie den eigentlichen Versuchen vorauszuschicken. Die hier aufgeführten Erscheinungsweisen entstehen natürlich nicht, worauf hinzuweisen kaum nötig sein wird, unter dem Einfluß der Absicht, sie zu beobachten. Kein Autor über Farbenpsychologie wird auf den Gedanken kommen, deskriptiv zu erfassende Verhältnisse, wie etwa die herkömmliche Gruppierung der bunten Farben im

[1] Später (§ 3) von uns auch als Farbmaterie bezeichnet.

Farbenzirkel, durch Versuche zu erweisen, sondern er begnügt sich damit, in dieser Angelegenheit an die Farbenerlebnisse des Lesers zu appellieren. Die Versuchsanordnungen können in solchen Fällen nur dazu dienen, die farbigen Erlebnisse, auf die der Autor hinzielt, zu guter Anschauung zu bringen, Mißverständnisse in terminologischer Beziehung zum Verstummen zu bringen, sowie die Bezugnahme auf die in anderen Untersuchungen gemeinten Farbenerlebnisse zu ermöglichen. In ganz gleicher Weise setze ich hier voraus, daß dem Leser die Erscheinungsweisen der Farben, die ich anführen werde, aus seiner Erfahrung vertraut oder wenigstens nicht völlig unbekannt sind. Allerdings ist es etwas anderes, die Erscheinungsweisen zu erleben und sie in ihrer Besonderheit scharf zu fassen. Zu dem letzteren Geschäft gehört fortgesetzte Übung und Schulung im Beobachten. Ich gebe an erster Stelle die Erscheinungsweisen, die für meine Person unterscheidbar sind, denen aber eine Reihe von in solchen Beobachtungen sehr geübten Personen zugestimmt haben. Ich will nicht sagen, daß in diesen Ausführungen etwas absolut Neues gegeben würde, Ansätze dazu liegen hier und dort in der Literatur bereits vor; nur hat es bis jetzt an einer durchgreifenden Ordnung der Phänomene gefehlt.

Ich habe versucht, die Erscheinungsweisen, welche ich vor Augen hatte, durch zahlreiche und treffende Fälle der Lebenserfahrung zu exemplifizieren. Da solche Fälle aber nicht immer die in Frage stehenden Erscheinungen in voller Reinheit geben, so habe ich gleichzeitig Versuchsanordnungen namhaft gemacht, welche diesen Zweck eher erfüllen. Dadurch werde ich auch gleichzeitig der Forderung nach Wiederherstellbarkeit der betreffenden Phänomene gerecht. Die nun folgenden Beschreibungen sollen mehr vorläufig orientieren, ihren feineren Ausbau erfahren sie bei der Ausführung der Versuche selbst, wo auch die Stelle ist, auf die individuellen Verschiedenheiten einzugehen, die auch bei diesen Farbenerlebnissen nicht gänzlich fehlen. Die Zusammenstellung der Erscheinungsweisen der Farben erhebt Anspruch auf eine gewisse Vollständigkeit. Im Laufe langjähriger Beobachtungen sind mir keine Farbenphänomene aufgestoßen, sie sich nicht in die angegebenen hätten eingliedern lassen oder aus ihnen durch Kombination hervorgegangen wären.

§ 2. Die primären Erscheinungsweisen der Farben.

Flächen- und Oberflächenfarben. Bei der Betrachtung von Spektralfarben durch das Okular des Spektralfarbenapparates ist mir stets zum Bewußtsein gekommen, daß man es bei ihnen mit Farbenempfindungen zu tun hat, die eine ganz andere Erscheinungsweise haben als die, in welcher sich andere Farben, beispielsweise die Farben der vielgebrauchten farbigen Papiere, darbieten. Der Unterschied ist viel leichter zu beobachten, als durch Worte zu fassen, soweit dies überhaupt bei so elementaren Unterschieden der Wahrnehmung möglich ist.

1. Die Spektralfarbe der gebräuchlichen Apparate wird für gewöhnlich nicht mit der gleichen Bestimmtheit in eine genau angebbare Entfernung vom Beobachter lokalisiert wie die Farbe eines Papieres. Letztere erscheint meist dort, wo wir die Oberfläche des Papieres sehen. Die Entfernung der Spektralfarbe von dem Betrachtenden kann nur mit einer gewissen Unbestimmtheit angegeben werden; damit soll aber nicht gesagt sein, daß sich die Entfernung der Spektralfarbe bei der gewöhnlichen Betrachtung fortwährend ändere, sie selbst also im Raume hin- und herschwanke. Von einem solchen Schwanken kann bei ihr ebensowenig die Rede sein wie bei der Betrachtung der Farbe eines ruhenden Papieres. Daß die absolute Entfernung, in der sich die Spektralfarbe gibt, für ihre eigentümliche Erscheinungsweise nicht verantwortlich zu machen ist, ist leicht zu erweisen. Bei dem von mir verwendeten Apparat (Asherscher Apparat für Mischung spektraler Farben) wurde die Entfernung, in der die Farben erschienen, von den einzelnen Beobachtern mit etwa 50—80 cm eingeschätzt. Nun können farbige Papiere aus kleinerer oder größerer Entfernung dargeboten werden, ohne daß die Erscheinungsweise ihrer Farbe allein aus diesem Grunde jemals der von Spektralfarben gleich würde.

2. Mit dieser Verschiedenheit hinsichtlich der Lokalisationsbestimmtheit verknüpft sich bei der Spektralfarbe im ganzen ein lockeres Gefüge, wogegen die Farbe des Papieres einen strafferen Zusammenhalt besitzt; man könnte bei ihr von größerer Dichte des farbigen Flächenbelages sprechen. Das Papier hat eine Oberfläche, in der seine Farbe liegt. Die Fläche, in der die Spektralfarbe sich vor dem Beobachter durch den Raum erstreckt, besitzt nicht in dem gleichen Sinne eine Oberfläche. Man hat das Bewußtsein, verschieden tief in die Spektralfarbe eindringen zu können, während der Blick gezwungen ist, bei den Farben der Papiere in deren Oberfläche zu verweilen. Das lockere Gefüge, das die Spektralfarbe verrät, ist aber nicht von der Art, daß von einer deutlich raumhaften[1] Erscheinungsweise der Spektralfarbe die Rede sein könnte (d. h. von einer sichtbaren Farbenerfüllung

[1] Ich weiß sehr wohl, daß es widerspruchsvoll klingt, wenn man der Spektralfarbe die Raumhaftigkeit abspricht, aber erklärt, mit dem Blick verschieden tief in sie eindringen zu können. Ich sehe aber keine Möglichkeit, mit den von der Sprache zur Verfügung gestellten Ausdrücken die eigentümliche Erscheinungsweise der Spektralfarbe anders als in der obigen Weise zu charakterisieren.

des Raumes nach drei Dimensionen) oder von irgendeiner Art der Farben**durchsichtigkeit**. Die Spektralfarbe hat vielmehr das mit der Farbe von Papieren gemein, daß sie sich durch den Raum in **zweidimensionaler, flächenhafter Weise erstreckt und ihn nach hinten abschließt.**

3. In der Art, wie diese Abschließung geschieht, liegt für beide Farben ein unterscheidendes Merkmal. Die Spektralfarbe verliert niemals einen wesentlich **frontalparallelen** Charakter. Bei geradeaus gerichtetem Blick und fovealer Betrachtung [1] ist ihre Fläche stets wesentlich senkrecht zur Blickrichtung orientiert. Die Fläche, in der die Farbe eines Papieres erscheint, **kann jede beliebige Orientierung zur Blickrichtung gewinnen**: sie liegt eben stets in der Oberfläche des farbigen Papieres. Wenn sie in frontalparalleler Orientierung erscheint, so ist dies nur als ein Spezialfall zu betrachten. Wir glauben, das den beiden hier gegenübergestellten Farbeneindrücken Gemeinsame und Trennende terminologisch nicht besser hervorheben zu können, als indem wir die Spektralfarben und alle Farben, welche deren Erscheinungsweise teilen, als **Flächenfarben**, die ihnen hier gegenübergestellten von der Erscheinungsweise der Farben farbiger Papiere als **Oberflächenfarben** [2] bezeichnen. Die Oberflächenfarben treten fast nur an Gegenständen auf. Insofern sie als die farbigen Qualitäten der Gegenstände gesehen werden, liegt es nahe, sie mit dem Terminus „Gegenstandsfarben" zu belegen. Dieser Terminus könnte jedoch in gewissen Fällen irreführen. So schreiben wir wohl einem Objekt aus rotem Glas oder einer gleichgefärbten Flüssigkeit das Rot als Gegenstandsfarbe zu; der in den beiden Fällen ausgelöste farbige Eindruck hat aber durchaus nicht den Charakter einer Oberflächenfarbe, besitzt vielmehr den Charakter der unten anzuführenden Raumfarben. Andererseits treten Oberflächenfarben nicht nur an Gegenständen auf, man kann sie auch sonst, z. B. an Rauch- und Dampfwolken, die undurchsichtig und

---

[1] Bei anders gerichtetem Blick oder extrafovealer Betrachtung treten recht komplizierte Lokalisationsweisen der Spektralfarben sowie der ihnen in der Erscheinungsweise gleichen Farben ein, deren Untersuchung hier sowie auch für später nicht geplant war.

[2] Natürlich darf man nicht diesen Begriff mit dem der Oberflächenfarbe im physikalischen Sinne verwechseln (vgl. z. B. B. Walther, Die Oberflächen- und Schillerfarben. Braunschweig 1895).

mit stark ausgeprägtem Relief erscheinen, beobachten; es sind dies Fälle, wo die Auffassung der Rauch- oder Dampfwolken als so und so geformte Gegenstände naheliegt.

Es ist an dieser Stelle angebracht, nähere Bedingungen für den Eintritt des Eindrucks von Oberflächen- und Flächenfarben mitzuteilen. Die meisten Gegenstände natürlicher oder künstlicher Färbung, wie Holz, Papier, Stein, Tuch usw., erwecken unter gewöhnlichen Verhältnissen den Eindruck von Oberflächenfarben. Weitaus am häufigsten treten sie dann auf, wenn von Gegenständen mit matter Oberfläche das Licht in diffuser Weise reflektiert wird. Was die psychologischen Bedingungen anbetrifft, so ist das Bewußtsein, einen Gegenstand vor sich zu haben, an dem Farben auftreten, für die Wahrnehmung von Oberflächenfarben von — ich möchte sagen — ausschlaggebender Bedeutung. Alles, was das Zustandekommen dieses Bewußtseins hemmt, hemmt auch den Eintritt des Eindrucks von Oberflächenfarben und bewirkt, daß mehr der Eindruck einer Farbe anderer Erscheinungsweise. meist der Flächenfarbe, eintritt. Gegenüber dem großen Einfluß, den die innere Einstellung auf den Eintritt dieser oder jener Erscheinungsweise der Farben ausübt, kann man die physikalische Herkunft der den Eindruck auslösenden Strahlung nahezu als irrelevant bezeichnen. Zwischen den Oberflächen- und Flächenfarben kommen alle möglichen Übergänge vor. Für manche Beobachter ist ein solcher Übergang in einzelnen Fällen schon angedeutet, wenn sie an die Stelle der binokularen gewohnten Betrachtung die monokulare Betrachtung der vor ihnen befindlichen Gegenstände setzen. Stärker wirkt in dieser Beziehung unscharfe Akkommodation, die eine Abbildung der Objekte in Zerstreuungskreisen bedingt; sie läßt sich durch Vorsetzen eines Glases erzielen, das durch die Akkommodation des betreffenden Auges nicht mehr überwunden werden kann. Am vollständigsten wird durch die Oberfläche eines Objektes, das sonst mit einer Oberflächenfarbe erscheint, der Eindruck einer Flächenfarbe veranlaßt, wenn ein gelochter Schirm (oder noch besser Doppelschirm)[1] den Gegenstand bis auf die durch die Öffnung gesehenen Teile vollständig verdeckt und gleichzeitig

[1] Über die „Geschichte" der Anwendung eines Doppelschirms s. G. Révész. Zeitschr. f. Sinnesphysiolog. Bd. 41, 1907. Anm. S. 7. Die Konstruktion des Doppelschirms ersieht man aus der Skizze der Versuchsanordnung III.

eine etwa vorhandene Struktur und nicht frontalparallele Orientierung des wahrgenommenen Oberflächenstücks nicht mehr erkennen läßt. (Das Loch des Schirmes darf nicht zu groß gewählt werden.) Die zuletzt angegebene Methode zur Herstellung von Flächenfarben berücksichtigt alle Bedingungen, die für ihren Eintritt erfüllt sein müssen. Wir sind zwar von den Spektralfarben als nächstliegendem Beispiel für die Flächenfarben ausgegangen, doch kann jede beliebige physikalische Strahlung den Eindruck der Flächenfarbe bewirken, wenn sie den Raum scheinbar flächenhaft abschließt und kein Gegenstand als ihr Träger zu bemerken ist. Der blaue oder gleichmäßig bewölkte graue Himmel bietet, ohne daß man besondere Vorkehrungen treffen müßte, Gelegenheit, sich das Wesen der Flächenfarbe an ihm zur Anschauung zu bringen. Zur Beschränkung auf einen kleineren Teil der Himmelsfläche bediene man sich eines gelochten Schirmes; übt man letztere Vorsicht nicht, so verschiebt sich der Eindruck infolge der nun wahrgenommenen scheinbaren Wölbung des Himmels etwas nach dem der Oberflächenfarbe. Der Himmel bietet den Eindruck einer sehr ausgedehnten Flächenfarbe, wenn man, auf einer großen freien Wiese liegend, den Blick auf ihn richtet. Über die Lokalisation der Flächenfarben in bezug auf das Loch des Schirmes, durch das sie gesehen werden, folgen unten (§ 7) eingehende Versuche. Für mich bietet auch das subjektive Augengrau ein Beispiel einer den Flächenfarben nahestehenden Farbe. Nach meinen eingehenden Versuchen zu diesem Punkte ist dies auch für andere Individuen der Fall; wieder andere schreiben ihm mehr den Charakter einer Raumfarbe zu.[1] Man kann die Beleuchtungsintensität in Räumen soweit herabsetzen, daß auch bei völlig adaptiertem Auge die Struktur der Oberflächen der Gegenstände und deren Orientierung nicht mehr erkannt werden. Was man dann noch unterscheidet, sind Umrisse von Körpern und Flächen derselben, die sich durch gewisse Helligkeitsdifferenzen voneinander abheben. Die unter diesen Verhältnissen wahrgenommenen grauen Töne stehen ihrem Charakter nach den Flächenfarben sehr nahe. Macht man eine Beobachtung bei diesen Bedingungen des Dämmerungssehens, so tritt allerdings eine gewisse Komplikation des Eindrucks dadurch ein, daß der Raum zwischen dem Beobachter und jenen grauen Flächenfarben in vielen Fällen

[1] So auch HERING. HERING III, S. 572.

von einem dunklen mehr oder weniger raumhaften Grau erfüllt scheint. (Hierzu vgl. man die unten folgenden Versuche mit der Leuchtlinie.)

Die „unbestimmte Lokalisation“ der Flächenfarbe bedeutet uns eine positive Bestimmung, die sich auf die Art der Anordnung ihrer Farbenfläche nach der Tiefe des Raumes bezieht. Die Wendung ist deskriptiv gemeint. Ich muß dies gegenüber Fr. Hillebrand betonen, der der Ansicht ist, daß mit unbestimmter Lokalisation „kein deskriptives, sondern ein auf Entstehungsursachen bezügliches, also genetisches Merkmal der Empfindung gemeint ist.“ [1] Wie es in den Raumerlebnissen stand, die Hillebrand bei der Diskussion dieses Begriffes im Auge hatte (bekanntlich war nach der Lokalisation einer zwei verschieden helle Farbenflächen trennenden Grenzlinie bei monokularer Betrachtung gefragt), will ich hier durchaus nicht entscheiden [2]; nur insofern er die Möglichkeit bestreitet, daß ein Sehobjekt (für uns kommen hier zunächst stets Farbenflächen in Betracht) überhaupt einen „unbestimmten scheinbaren Ort“ einnehmen könne [3], kann ich ihm bei eingehender Prüfung des hier in Frage kommenden Beobachtungsmaterials nicht beistimmen. Ich denke, es ist schon einiges gewonnen, wenn der Nachweis gelingt, daß die Merkmale, die Hillerband als charakteristisch für die unbestimmte Lokalisation hält, nicht auf die von uns angezogenen Raumerlebnisse passen. Der Ausdruck „unbestimmt“ sollte ersetzt werden durch den Ausdruck „variabel bei konstanten äußeren Bedingungen“. Eine solche Ersetzung wäre in dem Falle unserer Flächenfarben durchaus nicht statthaft. Ich kann nicht finden, daß eine einmal eingestellte Spektralfarbe bei der Betrachtung ihren Ort im Raume wechselt und damit ihre Entfernung von mir in deutlicher Weise ändert. Darum haben wir es zurückgewiesen, von einem Schwanken der Spektralfarbe im Raume zu sprechen; weder bei fortgesetzter Beobachtung läßt sich dies konstatieren, noch dann, wenn man in bestimmten Zeiträumen die Beobachtung wiederholt. Ich habe den Versuch an der Farbe des Himmels hundertfach angestellt; bei gleichbleibender Einstellung der Augen ändert sich die Entfernung der Farbe des Himmels in keiner Weise. Wenn Hillebrand erklärt, die unbestimmte Lokalisation „sei wohl in jedem einzelnen Momente eine bestimmte, sie sei aber keine konstante“, so ist dieser Satz in bezug auf die Phänomene, die ich im Auge habe, direkt umzukehren: Die unbestimmte Lokalisation ist in jedem Augenblick eine konstante, aber, wie ihr Name sagt, eben positiv unbestimmt. Die unbestimmte Lokalisation sei auch der „Willkür in hohem Maße unterworfen“. [4] Dagegen finde ich, daß die Entfernung, in der sich die Fläche einer Spektralfarbe oder die des Himmels gibt, durchaus nicht der Willkür des Beobachters unterworfen ist. Meine darauf gerichteten Beobachtungen zeigten mir, daß man beide allein durch eine darauf

[1] Hillebrand I, S. 82.
[2] Vgl. hierzu unsere Bemerkung in § 6.
[3] Hillebrand I, S. 85.
[4] Hillebrand I, S. 80.

gerichtete Intention nicht aus ihrer scheinbaren Entfernung verrücken kann. Ihre Entfernungseinschätzung scheint durch äußere und innere Einstellungen des Beobachtenden nicht mehr und nicht weniger bestimmt zu werden als die anderer Objekte. Wir kommen auf diese Frage bei späteren Versuchen zurück (§ 7). Ich sehe hiernach gar keine Möglichkeit, die Unbestimmtheit der Lokalisation anders denn als eine ganz spezifische Art der Anordnung im Raume, für unsere Flächenfarben nach der Tiefe des Raumes, zu bezeichnen. Sie ist darum wohl zu scheiden von dem, was man als „ungenaue" Lokalisation bezeichnen könnte, d. i. eine die wahren räumlichen Verhältnisse nicht treffende Lokalisation. Einen Körper, der 100 m von mir entfernt ist, erlebe ich mit einer bestimmten Lokalisation. Vielleicht lokalisiere ich ihn falsch, so daß ich ev. bei einer zahlenmäßigen Einschätzung seine Entfernung statt zu 100 m zu 80 oder 120 m angeben würde. Dabei handelt es sich aber um eine ganz andere Angelegenheit als bei der unbestimmten Lokalisation. Auch bei einer unbestimmt lokalisierten Farbenfläche kann ich Grenzen angeben, innerhalb deren mir dieselbe zu liegen scheint. Diese Grenzen können verschieden weit ausfallen, sie liegen z. B. bei der Farbenfläche des Himmels weiter auseinander als bei der Fläche der Spektralfarbe. Indessen kann natürlich bei einer unbestimmt lokalisierten Farbenfläche nicht wie bei einer bestimmt lokalisierten von einer „ungenauen" Lokalisation die Rede sein, weil ihr nicht in dem gleichen Sinne eine Objektivität korrespondiert. Auf die Frage nach der Möglichkeit einer „relativen" Lokalisation bei mangelnder Bestimmtheit der „absoluten", welche die eigentlich strittige Frage zwischen FR. HILLEBRAND und M. ARRER[1] bei ihrer Diskussion über die Bedeutung von Akkommodation und Konvergenz für die Tiefenwahrnehmung bildete, kommen wir später zurück (§ 6).

4. Wir sahen, daß die Flächenfarbe stets wesentlich frontalparallelen Charakter besitzt. Im Gegensatz hierzu kann die Oberflächenfarbe eine afrontale Orientierung haben, da sie ja stets in der Oberfläche des Körpers liegt, an dem sie auftritt. Aus dieser Besonderheit resultiert ein neues Moment, das sie von der Flächenfarbe unterscheidet: die Oberfläche eines Körpers kann eben oder gekrümmt sein; je nachdem sie das eine oder das andere ist, gilt dies auch für die Fläche, in der die Oberflächenfarbe erscheint. Sie macht alle Krümmungen der Oberfläche des Objektes mit, weitergehend zeigt sie auch deren feinste Struktur und Körnung. Die Flächenfarbe dagegen ist stets in einer wesentlich ebenen Fläche lokalisiert. Ausgesprochene Krümmungen und Körnungen treten an Flächenfarben nicht auf, ohne ihren Charakter dem von Farben anderer Erscheinungsweise anzu-

[1] M. ARRER. Über die Bedeutung der Konvergenz- und Akkommodationsbewegungen für die Tiefenwahrnehmung. WUNDTS Philos. Stud. Bd.13, 1898.

gleichen. Schwache Wölbungen sind zwar für sie nicht ganz ausgeschlossen, aber selbst bei großen Flächen, wo man sie allein auftreten sieht, sind sie nur in unbestimmter Weise angedeutet (§ 4). Dazu kommt, daß die Wölbungen in den überhaupt zur Beobachtung kommenden Fällen fast stets symmetrisch zu der Blickrichtung eintreten, eine Einschränkung, die natürlich für die Oberflächenfarben nicht besteht. Jedenfalls halten wir die möglichen Differenzen der Flächenform zwischen Oberflächen- und Flächenfarben für genügend groß, um sie als unterscheidendes Merkmal anführen zu dürfen. Man könnte glauben, erst die größere Ausgeprägtheit der Struktur oder Körnung stemple gewisse Farbeneindrücke zu Oberflächenfarben; wo die Struktur oder Körnung fehle, handele es sich um Flächenfarben. Man trifft allerdings den körnigen Charakter sehr häufig bei Oberflächenfarben an; es geht aber nicht an, hierin ein sie prinzipiell von den Flächenfarben unterscheidendes Merkmal zu sehen. Zieht man nämlich (nach einem Vorschlag von Hering) möglichst glattes, nicht glänzendes Papier auf Glasplatten auf, so erhält man bei Betrachtung desselben aus genügend großer Entfernung Oberflächenfarben, die jeder Körnung völlig entbehren.[1]

Wir erklärten oben (S. 8), daß nicht alle Farben, die wir den Gegenständen als ihre farbigen Qualitäten zukommen lassen, den Charakter von Oberflächenfarben besitzen, wohl aber gilt ausnahmslos, daß, wo auch immer eine Oberflächenfarbe auftritt, ein Gegenstand als ihr Träger vorgestellt wird. Auch Rauchwolken, an denen wir Oberflächenfarben wahrzunehmen glauben, werden ja in gewisser Weise als so und so geformte Objekte aufgefaßt. Jede Oberflächenfarbe bedeutet also zugleich eine farbige Qualität eines Objektes. Demgegenüber verbindet sich mit einer Flächenfarbe nicht im gleichen Sinne der Eindruck, daß sie eine Gegenständlichkeit andeutet. Es kommt

[1] Auf die Bedeutung der Struktur von Oberflächen für die Farbenwahrnehmung kommen wir noch ausführlich zu sprechen (§ 8). Hering hat darauf hingewiesen, daß man die Körnung von Papieren auch durch Bewegung derselben, etwa mit Hilfe des Farbenkreisels, völlig zum Verschwinden zu bringen vermag (Pflügers Archiv Bd. 41, 1887, S. 4). Wie man aber von einem matten Glanz in bezug auf den Farbeneindruck so bewegter Papiere sprechen kann, wie J. Köhler es tut, verstehe ich nicht (Archiv f. d. ges. Psych. Bd. 2, 1904, S. 436). Demnach geht es auch nicht an, mit Köhler die größere Deutlichkeit der Kontrastphänomene auf bewegten Scheiben mit diesem Glänzen in Verbindung zu bringen.

ihr eine andere Bedeutung zu; sie erscheint nur als „ebenes oder raumfüllendes Quale“, wie HERING[1] es einmal ausdrückt, als er Farben der hier gemeinten Erscheinungsweise im Auge hat. Wir kommen auf diesen Unterschied später ausführlich zurück (§ 24).

5. Ich will es nicht unterlassen, auf die verschiedene ä s t h e - t i s c h e Wirkung der Farben der beiden besprochenen Erscheinungsweisen kurz hinzuweisen. Für alle Beobachter ist der Gefühlston bei beiden Eindrücken ein verschiedener. Für die meisten der von mir hierüber befragten Beobachter haben die Flächenfarben etwas Zarteres an sich und werden aus diesem Grunde als ästhetisch wohlgefälliger bezeichnet, wenn man sie sich den Oberflächenfarben mit ihrem kräftigeren, energischeren Charakter gegenübergestellt denkt.

Man könnte gegen die vorstehenden Ausführungen gewisse Einwände erheben. Man könnte sagen: Zwar gibt es im Erleben eine Verschiedenheit hinsichtlich der Art, wie sich Oberflächen- und Flächenfarben darbieten; dieser Unterschied ist jedoch nicht begründet in dem farbigen Eindruck als solchem, sondern ruht in Momenten, welche von anderer als farbiger Natur sind und die bei beiden Eindrücken verschieden sind, sei es nun, daß Elemente räumlicher Natur, sei es, daß Reproduktionen von Vorstellungselementen anderer Sinnesgebiete (taktile, kinästhetische) im Werke sind, um die Verschiedenheit des Erlebens zu bedingen. Sofern dieser Einwand kausalgenetisch gemeint ist, also behauptet werden soll, daß die von uns herausgehobenen Verschiedenheiten sich unter der Einwirkung räumlich-optischer Wahrnehmungen oder gar anderer als optischer Sinneseindrücke im Laufe der individuellen Entwicklung einstellen, trifft er uns nicht, da wir hier zunächst nur die voraussetzungslose Beschreibung vorgefundener Erscheinungen erstrebten und die an sich sehr wichtige Frage nach der kausalgenetischen Beziehung zwischen Oberflächen- und Flächenfarben erst später (an verschiedenen Stellen) prüfen werden.

Man kann aber einen Einwand prinzipieller Natur erheben. Man gibt die oben herausgestellten Verschiedenheiten in den Erscheinungsweisen der Farbeneindrücke zu, erklärt sie aber überhaupt als irrelevant für den Eindruck der farbigen Erschei-

---

[1] HERING VI, S. 12; raumfüllend bei HERING nicht im Sinne von r a u m h a f t gemeint.

nungen. Stellt man sich auf diesen Standpunkt, so hat man die Untersuchung eines Tatsachengebietes mit einem teilweisen Ausschluß des dazu gehörigen Tatsachenmaterials von der Betrachtung begonnen oder wenigstens mit einer gewissen Abstraktion innerhalb dieses Gebietes, beides Operationen, deren Berechtigung erst zu erweisen wäre. Denn da doch Farben ohne irgendeine Art der Lokalisation zum Beobachter und ohne irgendeine Art der Raumerfüllung in der Erfahrung nicht vorkommen, so müßte man sich entweder in der Betrachtung auf Farben einer Erscheinungsweise beschränken und die Farben anderer Erscheinungsweisen ausschließen oder man würde, den Tatsachen vorgreifend, einfach präjudizieren, daß für den farbigen Eindruck seine jeweilige Erscheinungsweise überhaupt ohne Bedeutung sei. Die Beschränkung würde durch nichts zu motivieren sein und die an zweiter Stelle genannte Behauptung werden wir als nicht zutreffend erweisen. Wir fahren darum in der Beschreibung der Erscheinungsweisen von Farben fort.

Durchsichtige Flächen- und Raumfarben. Halten wir ein mitteldurchsichtiges Rauchglas oder ein Stück gefärbter Gelatine etwa in Armeslänge von uns, und blicken wir binokular durch dieses hindurch auf einen dahinterliegenden Gegenstand, z. B. auf ein aufgeschlagenes Buch, so glauben wir das letztere durch das Glas oder die Gelatine hindurchzusehen. Das Grau des Glases oder die Farbe der Gelatine wird als vor dem Gegenstande liegend aufgefaßt und in eine Ebene lokalisiert, die in vielen Fällen ungefähr mit der Ebene des Glases oder der Gelatine selbst zusammenfällt. Farben dieser Erscheinungsweise, welche an durchsichtigen Objekten auftreten, wollen wir als durchsichtige Flächenfarben ansprechen. Durchsichtige Farben gewinnt man in großer Zahl sowie in beliebiger Abstufung, wenn man das Rauchglas oder die Gelatine durch eine rotierende tonfreie oder bunte Scheibe mit variablem Sektorenausschnitt ersetzt. Dieses Mittels haben wir uns in späteren messenden Versuchen bedient. Auch eine oberflächliche Betrachtung durchsichtiger Flächenfarben läßt folgende ihnen eigentümliche Merkmale erkennen. Die durchsichtigen Flächenfarben schließen, wie schon ihr Name sagt, den Hintergrund nicht ab. Man sieht durch sie hindurch Gegenstände mit ihren allerdings durch die vorgelagerte durchsichtige Farbe der Qualität nach

beeinflußten Oberflächenfarben.[1] Es dürfte kaum vorkommen, daß man in deutlicher Weise hinter durchsichtigen Flächenfarben den Raum abschließende[2] Flächenfarben sieht. Bringt man letztere hinter eine durchsichtige Flächenfarbe, so verschmelzen beide Farbeneindrücke derartig, daß sie in der Wahrnehmung überhaupt nicht mehr getrennt werden, sondern als eine abschließende Flächenfarbe ungefähr dort im Raume erscheinen, wo die Flächenfarbe oder die durchsichtige Farbe für sich gesehen werden. Um sich das Gesagte zur Anschauung zu bringen, betrachte man monokular den blauen oder gleichförmig bewölkten Himmel durch eine in einen Rahmen gespannte farbige Gelatineplatte. Man hat dann den Eindruck einer Flächenfarbe in einer Tönung, die einer Kombination der Himmelsfarbe und der Farbe der Gelatine entspricht und bei Akkommodation auf mittlere Teile der Gelatineplatte annähernd in deren Entfernung, bei Akkommodation auf den Himmel nicht ganz in der Entfernung erscheint, wo sonst die Himmelsfarbe sich zu befinden scheint. Derselbe Effekt der Verschmelzung tritt auch bei einer Kombination einer für gewöhnlich als Oberflächenfarbe gesehenen Farbe mit einer durchsichtigen Farbe ein, wenn ein gelochter Schirm sich in einer solchen Stellung befindet, daß er die Wahrnehmung des Objektes hindert, welches Träger der Oberflächenfarbe ist. Es liegt dies natürlich daran, daß nun die betreffende Oberflächenfarbe den Charakter einer Flächenfarbe angenommen hat. Die Durchsichtigkeit von Farben ist am deutlichsten ausgeprägt, wenn die dahinterbefindliche Oberflächenfarbe binokular fixiert wird. In diesem Falle geht von der letzteren eine Tendenz aus, die Richtung der durchsichtigen Farbe ihrer eigenen anzugleichen. Durchsichtige Farben sind mitunter bei Versuchen über binokulare Farbenmischung beobachtet worden, wo eine dem einen Auge dargebotene Farbe durch eine dem anderen Auge dargebotene hindurchzuschimmern scheint. Ohne sich im vulgären Sinne durchsichtiger Gegenstände zu bedienen, kann man sich durchsichtige Farben in reicher Fülle folgendermaßen herstellen. Man fixiere eine bestimmte Stelle eines bedruckten Papieres binokular

[1] Von dem Eindruck der veränderten Beleuchtung der Gegenstände sehen wir hier noch ganz ab. Vgl. § 30.

[2] Soweit nichts anderes gesagt wird und ein Mißverständnis ausgeschlossen erscheint, bedeutet Flächenfarbe schlechtweg im folgenden stets abschließende Flächenfarbe.

und schiebe nun vor das eine Auge etwa in mittlerer Entfernung zwischen Papier und Auge einen undurchsichtigen Gegenstand beliebiger Färbung (z. B. einen Karton), so daß dieser die binokular fixierte Stelle dem betreffenden Auge verdeckt. Man hat dann den Eindruck, als sähe man die fixierte Stelle durch die Farbe des undurchsichtigen Gegenstandes hindurch; der Eindruck der Durchsichtigkeit erhöht sich noch durch Bewegung des undurchsichtigen Gegenstandes.

Eine gewisse Verwandtschaft mit den eben besprochenen durchsichtigen Flächenfarben besitzen die raumhaften Farben oder Raumfarben, worunter wir diejenigen Farben verstehen wollen, welche einen bestimmten Raum nach seinen drei Dimensionen anzufüllen scheinen. Nach meinen Beobachtungen zeigen sie nämlich diese Eigenschaft nur dann in deutlicher Weise, wenn sie zugleich im eigentlichen Sinne durchsichtig sind. Deutlich raumhaft erscheint mir eine in einem Glasgefäß befindliche farbige Flüssigkeit an den Stellen, an denen ich Gegenstände durch sie hindurchsehe. Der Raum, der überhaupt von Farbe angefüllt erscheint, hebt sich dadurch, daß man noch Gegenstände hinter ihm sieht, deutlicher von seiner Umgebung ab. HERING[1] beschreibt Farben raumhafter Erscheinungsweise. Ebenso hat MACH[2] eine interessante Anordnung zur Demonstration raumhafter Farben angegeben.

Ich will hier noch auf die wenig beachtete raumhafte Erscheinungsweise des Nebels aufmerksam machen. Wenn sich nach HERING bei zunehmender Dämmerung Dunkelheit „zwischen uns und die Dinge" legt, so kann man auch sagen, daß sich bei einsetzendem Nebel zunehmende Weißlichkeit zwischen uns und die Dinge schiebt. Bei eintretendem Nebel hat man Gelegenheit zu folgender häufig von mir gemachten Beobachtung, welche das bestätigt, was wir über die Bedingungen des Deutlichkeitsgrades der Raumhaftigkeit von Farben oben bemerkten. Die Raumhaftigkeit des Nebels ist in deutlicher Weise gegeben, solange man noch Gegenstände durch ihn wahrzunehmen und zu erkennen vermag. Nimmt der Nebel so stark zu, daß er die Wahrnehmung der Gegenstände in hohem Grade beeinträchtigt, oder

---

[1] HERING III, S. 573 f. sowie HERING VI, S. 11 f.

[2] Sitz.-Ber. der Kaiserl. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-naturwiss. Kl. Bd. 115, Abt. 2 a, 1906, S. 8.

richtet man den Blick so, daß man überhaupt keine Gegenstände mehr durch ihn sieht, etwa gegen den Himmel, so ist die Raumhaftigkeit der weißlichen Farbe verschwunden. Das noch wahrgenommene Weiß besitzt den Charakter einer unbestimmt lokalisierten abschließenden Flächenfarbe. Bei geöffnetem Auge tritt wohl nie deutlich der Eindruck raumhafter Farben mit dahinterliegenden abschließenden Flächenfarben ein. Manche Beobachter geben aber von ihrem subjektiven Augengrau eine dahingehende Schilderung (§ 5), auf die ich hiermit verweise. Der in Tröpfchenform auftretende Wassergehalt der Atmosphäre macht sich in unseren Gegenden fast stets durch eine Trübung der Luft geltend, auch in solchen Fällen, wo man noch nicht von Nebel zu sprechen pflegt und bewirkt eine eigentümliche Verschleierung der Gegenstände.[1] Insofern man die zwischen uns und den Gegenständen liegende Luft von einem mehr oder weniger ausgeprägten raumhaften Grau oder Weiß erfüllt sieht, stehe ich nicht an zu erklären, daß wenigstens in diesen Fällen der Luft die gerade zur Beobachtung kommende Farbe als i h r e Farbe zuzuschreiben sei. Damit ist die schwierige Frage, in welcher Weise die klare Luft oder, was auf dasselbe hinausläuft, der leere Raum phänomenologisch gegeben sei, allerdings noch nicht beantwortet. Nach der ästhetischen Seite stehen die durchsichtigen Flächen- und Raumfarben den abschließenden Flächenfarben nahe.

Ähnlich schwer analysierbar wie der Eindruck des leeren Raumes ist folgender Eindruck der Durchsichtigkeit. Wir blicken auf einen Gegenstand durch eine „farblose" Glasplatte, die so gut geschliffen ist, daß sie keine oder keine wesentliche Verzeichnung des durch sie Betrachteten herbeiführt. Die Glasplatte wird sich unter Umständen nur durch ihren Randkontur sowie feinste auf ihr lagernde Stäubchen verraten. Sie ist also nicht in ihrer ganzen Ausdehnung durch farbige Momente gegeben wie die meisten Objekte. Trotzdem sind wir ihrer Existenz in einer dem visuellen Eindruck nach ganz spezifischen Weise sicher. Ein Wesen, das nicht die Erfahrung ihres Widerstandes und ihrer Undurchdringlichkeit gemacht hat, kann sie vermutlich nicht in dieser Weise erleben.

G e s p i e g e l t e F a r b e n. G l a n z. Die Oberfläche eines Körpers gewinnt, wenn sie genügende Glätte besitzt, die Fähigkeit, auf sie treffende Lichtstrahlen mit einer gewissen Regelmäßigkeit zu reflektieren. Geschieht die Reflexion so, daß im Auge ein erkennbares Bild von Gegenständen entsteht, so

[1] Über die „Luftfarbe" vgl. HELMHOLTZ I, S. 103 ff.

spricht man von einer spiegelnden Oberfläche, geschieht sie aber so, daß Bilder nicht erkennbar sind, sondern nur die Farbe bestimmter Stellen der Fläche ihre Oberflächenfarbe an Helligkeit wesentlich übertrifft, so spricht man von Glanz, der auf der Oberfläche des Körpers liegt. Bei der Spiegelung lassen sich wieder deutlich zwei Fälle unterscheiden. Sie kann so vor sich gehen, daß die Eigenfarbe der spiegelnden Oberfläche von verschwindendem Einfluß auf die Färbung des zustandekommenden Spiegelbildes ist. Das trifft z. B. für gute Quecksilber- oder Silberspiegel zu. Hinsichtlich der Erscheinungsweise von Farben, die an solchen Spiegeln reflektiert werden, gibt es, soweit nur eben diese berücksichtigt wird, kaum irgendwelche Probleme. Oberflächenfarbe bleibt dabei Oberflächenfarbe, Flächenfarbe bleibt Flächenfarbe usw. Soweit es sich um die psychologische Repräsentation des Bewußtseins handelt, einerseits einen Gegenstand selbst vor sich zu haben, andererseits nur das Bild eines Gegenstandes, das durch den Spiegel erzeugt wird, bringt die Spiegelung allerdings nicht uninteressante Fragen mit sich, welche die Erkenntniskritik zu lösen hat [1] — wir haben nicht die Absicht, ihnen hier nachzugehen. Was die übrigen Änderungen des Farbeneindrucks bei der Spiegelung angeht, so kann man die Frage aufwerfen, wie sich für die Farben und die Oberflächenfarben insbesondere die Einbuße an Lichtintensität, die ja eine jede Spiegelung begleitet, äußert. Sie ist, wie spätere Beobachtungen zeigen werden (§ 30), in ihrer Wirkung der gleich, die man durch eine auf anderem Wege erzielte gleichstarke Herabsetzung der Lichtstärke der Farben erzielen kann. Bei der Spiegelung an ebenen und krummen Spiegeln regelt sich die Lokalisation der gespiegelten Gegenstände nach den bekannten einfachen optischen Gesetzen. Es darf vielleicht noch erwähnt werden, daß bei vollkommen guter Spiegelung die spiegelnde Fläche selbst nicht wahrgenommen wird.[2] Man sieht also die gespiegelten Gegen-

[1] Ein schöner Fall für die Kenntnis der Entwicklung der Spiegelbildillusion beim operierten Blindgeborenen ist von W. Uhthoff mitgeteilt worden. Zeitschr. f. Psych. Bd. 14, 1897, S. 203 ff.

[2] „Ein Gegenstand spiegelt, dessen Oberfläche durch Reflexion ein solches Bild der umgebenden Objekte entwirft, daß wir den spiegelnden Gegenstand selber über der Betrachtung der Spiegelbilder vernachlässigen, indem wir diese gewissermaßen als die direkt betrachteten Gegenstände ansehen.“ Wundt I, S. 314.

stände wohl hinter der spiegelnden Fläche, aber nicht eigentlich durch sie hindurch. Das letztere ist nun der Fall bei der zweiten Art spiegelnder Oberflächen. Erscheint nämlich die spiegelnde Oberfläche eines Körpers selbst in einer ausgesprochenen Farbe, so sieht man den gespiegelten Körper hinter der Oberfläche durch deren Eigenfarbe hindurch. Die Farbe dieser Oberfläche hat wieder eine Erscheinungsweise sui generis. Sie schließt den Blickraum nicht ab; sie unterscheidet sich aber von den früher besprochenen durchsichtigen Flächenfarben durch eine größere Gleichförmigkeit der Struktur.[1] Die Trennung der Farbe der spiegelnden Oberfläche von der gespiegelten Farbe ist eine entschiedenere als die zwischen der durchsichtigen Flächenfarbe und der durch sie gesehenen. Der gespiegelte Farbeneindruck behält mehr seine Selbständigkeit, d. h. er scheint in seiner Farbe weniger von der Farbe des Spiegels beeinflußt zu werden als die durchsichtige Farbe die dahinter befindliche beeinflußt. Auch ist der Unterschied in der Lokalisation der spiegelnden Fläche und der gespiegelten Farbe deutlicher ausgeprägt als der zwischen der durchsichtigen Farbe und der durch diese gesehenen. Während der Spiegel jede beliebige Orientierung erhalten kann, bestimmt sich die Lage der gespiegelten Erscheinungen wieder nach den Gesetzen der Reflexion. Speziellere Beobachtungen an Spiegelanordnungen folgen später (§ 30). Zu Spiegelungen der vorerwähnten Art eignet sich der Schwarzspiegel[2] der Landschaftsmaler, der aus einer Glasplatte besteht, die anstatt mit einer Metallschicht mit schwarzer Farbe überdeckt ist. Durch Belegen von Glasplatten mit bunten Papieren oder einseitigem Anstrich derselben mit gesättigten Lackfarben kann man sich natürlich beliebig bunte Spiegel für diese Versuche herstellen. An polierten Holzplatten, z. B. Platten aus Mahagoniholz, sind die von uns angegebenen Beobachtungen über die Spiegelung auch anzu-

[1] Man möge hier und an anderen Stellen der Arbeit die Verbildlichung optischer Verhältnisse durch Vorstellungen, die anderen Gebieten entlehnt sind, gestatten. Die betreffenden Phänomene lassen sich, wenn man auf ihre Beschreibung nicht überhaupt verzichten will, nur mit Hilfe dieser oder ähnlicher Bilder näher charakterisieren. Man merkt bei der Beschreibung solcher Phänomene, wie wenig unsere Sprache zur Beschreibung von Bewußtseinsphänomenen geschaffen ist und wie sehr sie als Instrument für praktische Bedürfnisse gedacht ist.

[2] Vgl. hierzu W. v. Bezold. Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe. Braunschweig 1874. S. 86.

stellen, wie es bekanntlich HELMHOLTZ[1] getan hat. Auf die Deutung seiner Beobachtungen komme ich später zurück (§ 30).

Wir gehen zur Beschreibung derjenigen farbigen Erscheinungen über, die unter dem Begriff des G l a n z e s zusammengefaßt werden. Die voraussetzungslose Beschreibung der Erscheinungen des Glanzes sowie eine Angabe seiner Beziehungen zu anderen Farbenphänomenen ist öfter durch Betrachtungen über die Bedingungen seines Entstehens beeinträchtigt worden.[2] Wir stehen mit unseren Ausführungen den kurzen, aber dafür treffenden Bemerkungen HERINGS über den Glanz nahe.[3] Man pflegt verschiedene Arten des Glanzes zu unterscheiden, man spricht am häufigsten von Metallglanz, Seidenglanz, Graphitglanz; es gibt aber noch eine Reihe anderer Glanzarten, z. B. Glanz polierter Holzflächen, bewegter Wasseroberflächen u. a. Metallglanz tritt dabei nicht etwa nur an Metall auf, Seidenglanz nicht nur an Seide usw. Gewisse Vertreter dieser Stoffe zeigen den jeweils gemeinten Glanzcharakter in besonders ausgeprägter Weise.[4] Es ist nicht leicht, kurz zu definieren, was phänomenologisch allen Glanzarten gemeinsam und so als das Eigentümliche des Glanzes zu bezeichnen ist. Der Mannigfaltigkeit der Fälle wird wohl folgende Definition gerecht: Glanz tritt nur an einem Objekt auf, und wird — die Farbe des Gegenstandes an Helligkeit übertreffend — als Licht aufgefaßt, das nicht eigentlich zur Farbe des Gegenstandes gehört. Im folgenden würde es sich um eine Präzisierung dieses Satzes und eine Erläuterung desselben an Beispielen handeln. Wo Glanz auftritt, werden Objekte als seine Träger wahrgenommen oder man glaubt wenigstens solche vor sich zu haben. Wolken, die man zuweilen glänzen sieht,

---

[1] HELMHOLTZ II, S. 557 f., S. 563 f.

[2] Eine schlichte Beschreibung ist beispielsweise auch nicht die WUNDTsche Bestimmung des Glänzens. „Wir nennen ... einen Gegenstand glänzend, wenn derselbe so beschaffen ist, daß wir zugleich den Gegenstand und die von demselben entworfenen Spiegelbilder ins Auge zu fassen genötigt sind, wenn wir also gleichzeitig verschiedene Gegenstände sehen, die hintereinander in verschiedener Entfernung vom Auge gelegen scheinen, und die daher sich decken sollten." WUNDT I, S. 315. Daß bei HELMHOLTZ' (HELMHOLTZ II, S. 392 ff.) Forschungsweise eine eigentliche Deskription des Glanzes fehlt, erscheint nicht merkwürdig.

[3] HERING III, S. 576.

[4] Worauf auch schon A. KIRSCHMANN hingewiesen hat. KIRSCHMANN, S. 149.

täuschen dann auch den Eindruck von geformten Objekten vor; das Licht, das auf ihnen liegt, wird als nicht zu ihrer eigentlichen Farbe gehörig gerechnet. Der Glanz, der auf bewegten Wasseroberflächen spielt, wird ganz sicher nicht als die dem Wasser zukommende Farbe angesprochen, mag man sich auch über die Farbe, die man dem Wasser als Gegenstandsfarbe zuerkennen will, nicht so schnell schlüssig werden. In weitaus den meisten Fällen kommen Glanzerscheinungen in Verbindung mit Oberflächenfarben vor. Die glänzende Stelle selbst erscheint nie als deutliche Oberflächenfarbe, sondern steht vielfach den Flächenfarben nahe.[1] Dieses als Flächenfarbeerscheinen der glänzenden Stellen von Objekten bildet das Auszeichnende der Glanzerscheinungen gegenüber den sonstigen Fällen, wo auf einer Oberflächenfarbe infolge teilweiser starker Beleuchtung Licht aufzuliegen scheint. In diesen unten zur Sprache kommenden Fällen der Belichtung von Oberflächenfarben erscheint nämlich auch die belichtete Stelle als Oberflächenfarbe. Das Glanzlicht steht zwar vielfach den Flächenfarben nahe, ich könnte mich aber keines Falles einer glänzenden Flächenfarbe entsinnen; bei hoher Intensitätssteigerung wird eine Flächenfarbe wohl l e u c h t e n d , aber nicht glänzend. Das Glanzlicht liegt nicht i n der Ebene des Objektes, an dem es auftritt, sondern stets v o r oder a u f dieser Ebene (vgl. HERING III, S. 576). Spiegelbilder werden stets h i n t e r die spiegelnde Ebene verlegt.[2] In dieser Differenz der Lokalisation, welche das überschüssige Licht der Gegenstände erfährt, ist die Verschiedenheit der Phänomene der Spiegelung und des Glanzes mit begründet. Stets besitzen

---

[1] Es ist sehr schwer, genauere Angaben über die Orientierung der Glanzlichter zu dem Beobachter zu machen. In den meisten Fällen muß man sich damit begnügen, zu konstatieren, daß sie nicht dieselbe Orientierung zum Beobachter besitzen wie die Oberflächen der Körper, an denen sie auftreten. Daß die Glanzlichter auch für den Fall, daß sie in ihrer Erscheinungsweise den Flächenfarben nahe stehen, nicht einfach in einer Orientierung senkrecht zur Blickrichtung des Beobachters erscheinen, erklärt sich zum Teil in ungezwungener Weise durch die Untersuchungen des § 7.

[2] Gewisse Beobachtungen, in denen man Glanzlichter hinter der Ebene der glänzenden Objekte liegen zu sehen glaubt, scheinen dem oben Ausgeführten zu widersprechen. Man wird finden, daß man sich in solchen Fällen durch eine mangelhafte Spiegelung oder durch eine, z. B. wegen der Kleinheit der spiegelnden Fläche, undeutliche Spiegelung hat täuschen lassen.

die glänzenden Stellen von Gegenständen einen Helligkeitsüberschuß, der von der Helligkeit ihrer Gegenstandsfarben losgetrennt gesehen wird. Die glänzenden Stellen müssen aber nur relativ hell sein; absolut genommen braucht ihre Helligkeit nicht sehr hoch zu sein. Wir befinden uns hier in einem gewissen Gegensatz zu Hering. „Wird etwas heller empfunden als die reinweißen Dinge bei derselben Beleuchtung (und kann den gegebenen Umständen nach die größere Helligkeit nicht als ein aufgeworfenes Licht aufgefaßt werden), so sehen wir es leuchtend oder glänzend“. (Hering III, S. 575). Für alle Fälle trifft dieses Kriterium des Glanzes nicht zu. Man sehe sich den Glanz eines schwarzen Seidenhutes an; man kann sich leicht davon überzeugen, daß ein neben die glänzende Stelle des Seidenhutes gehaltenes Stück weißen Papieres unter den gleichen Beleuchtungsbedingungen viel heller erscheint. Oder man achte auf die Glanzlichter der menschlichen Haut. Sie haben sicher nicht die Helligkeit des weißen Papieres unter denselben Beleuchtungsverhältnissen. Dem Maler gelingt es in vielen Fällen zweifellos, Glanz auf seinen Bildern darzustellen, ohne daß er sich dabei der hellsten ihm zur Verfügung stehenden Farbe, des Weiß, bedient. Es wäre aber nicht erlaubt, hierin ein Argument gegen Herings Definition des Glanzes zu sehen. Der Bildraum unterliegt nämlich anderen Gesetzen der Beleuchtung als der Raum, in dem sich das Bild befindet (s. Anhang zu § 14). Nur zum Beweis dessen, daß der Eintritt des Glanzeindrucks nicht an eine absolut hohe Lichtstärke der glänzenden Stelle gebunden ist, sollte bereits hier von jener Tatsache Mitteilung gemacht werden. Ein weiterer Beweis liegt darin, daß die von einem glänzenden Körper ausgehende Lichtmenge auf wenige Hundertstel ihres Wertes durch einen Episkotister herabgesetzt werden darf, ohne daß der Glanzcharakter verloren geht.

Mit diesen Ausführungen ist in gewisser Weise unsere Stellung zu den Untersuchungen über die physikalischen und physiologischen Bedingungen für die Entstehung des Glanzeindrucks und damit der Weg zu neuen Versuchen über den Glanz bereits angedeutet. Wir werden dabei stets nur zu fragen haben: wie wirken die jeweiligen Versuchsumstände auf das Zustandekommen der Farbenerlebnisse, die nach unserer Ansicht für den Glanz eigentümlich sind? Wir haben zu erwarten, daß binokulare Betrachtung glänzender Gegenstände den spezifischen Glanzeindruck steigert, weil die Differenz der binokularen Parallaxe zwischen

dem diffus und dem regelmäßig von dem Körper zurückgeworfenen Licht die Trennung von Gegenstandsfarbe und aufliegendem Licht deutlicher macht. Wir verstehen aber sehr wohl, daß Glanz auch bei monokularer Betrachtung sichtbar ist, solange nur die von uns angegebenen für ihn charakteristischen Farbenerlebnisse ausgelöst werden. Es erscheint von unserem Standpunkt aus verständlich, wenn bei monokularer Betrachtung Bewegung des Auges oder des glänzenden Gegenstandes den Glanzeindruck erhöht. Hierbei wird einmal die Zerlegung des Lichtes in diffus und regelmäßig reflektiertes begünstigt, andererseits erfüllt sich bei diesen Bewegungen unsere Erwartung, die glänzende Stelle bei einer Bewegung auch in ihrer eigentlichen Farbe, d. h. in der Gegenstandsfarbe des übrigen Körpers, zu sehen.[1] Bietet man im Stereoskop dem einen Auge eine weiße, dem anderen eine schwarze konturlose Fläche, so tritt Wettstreit der Sehfelder oder binokulare Farbenmischung ein. Bringt man aber diese Farben auf Flächen an, die eine Gegenständlichkeit, z. B. einen Kristallkörper, vortäuschen, so kann der Eindruck lebhaften Glanzes erweckt werden. Es scheint für dessen Deutlichkeit nicht gleichgültig zu sein, daß man einen glänzenden Körper vor sich zu haben glaubt. Eine glänzende Stelle kann man sofort durch jede Anordnung ihres Glanzcharakters berauben, welche den Gegenstand verdeckt, der Träger des Glanzes ist. Die oben angegebenen Mittel zur Überführung einer Oberflächenfarbe in eine Flächenfarbe sind auch geeignet, den Glanz zurücktreten zu lassen. Auch hier erreicht man durch Verwendung eines gelochten Schirmes die größte Wirkung. Betrachtet man durch einen solchen die glänzende Stelle eines Gegenstandes, so erscheint das Loch von einer Flächenfarbe erfüllt, an der keine Spur von Glanz wahrzunehmen ist. War der Gegenstand sehr stark glänzend, so sieht man wohl das Loch leuchtend, von Glanz wird der unbefangene Beobachter nie berichten können. Der Glanz besitzt nach meinen Beobachtungen im allgemeinen einen labilen Charakter; je kritischer man sich seiner Betrachtung zuwendet, desto mehr tritt er zurück. Mir gelingt es, bei monokularer Betrachtung und besonderer innerer Einstellung (die allerdings von Änderungen der Einstellung des Sinnesorgans begleitet sein dürfte) ohne Verwendung eines Schirmes u. dgl. fast stets die glänzenden Stellen mit

---

[1] Vgl. hierzu HERING III, S. 576.

dem Charakter von Oberflächenfarben in der Oberfläche des glänzenden Körpers zu sehen; bei Seidenstoffen gelingt es mir leichter als bei Metallen. Es trifft nicht zu, wenn KIRSCHMANN erklärt „Gestalt und Umgebung der Flächen und deren Beziehung zu anderen im Gesichtsfelde vorhandenen Lichteindrücken haben auf den Metallglanz keinen wesentlichen Einfluß, die Größe der Fläche ist für das Vorhandensein des Metallglanzes irrelevant, solange dieselbe nicht so gering wird, daß der Eindruck des Punktförmigen entsteht".[1] Der folgende Versuch spricht gegen diese Sätze. Ich nehme eine polierte Messingplatte und stelle sie so auf, daß sie bei normaler monokularer Betrachtung einen prächtigen Metallglanz verrät. Nun betrachte ich ein ziemlich großes Stück der glänzenden Fläche durch einen gelochten Schirm, indem ich unter Fixierung eines auf derselben angebrachten schwarzen Punktes mein Auge wie vorher auf diese Fläche akkommodiere. Von Metallglanz oder anderem Glanz wird jetzt keine Spur mehr wahrgenommen. Man könnte vielleicht schwanken, ob man die im Loche erscheinende Farbe als Flächen- oder Oberflächenfarbe ansprechen soll. Eine Akkommodation auf die glänzende Fläche erschien mir darum wünschenswert, weil in diesem Falle die Akkommodations- und damit auch Strahlenbrechungsverhältnisse den früheren (bei Betrachtung ohne Schirm) genau gleich sind. Wer wie KIRSCHMANN den monokularen Metallglanz auf einer Parallaxe des indirekten Sehens beruhen läßt, müßte auch bei Betrachtung durch den Schirm den Eintritt von Glanz fordern.[2]

Es geht aus unseren Ausführungen hervor, daß wir Glanz, Durchsichtigkeit und Spiegelung wohl voneinander geschieden haben wollen. Die Bedingungen, unter denen diese Erscheinungen eintreten, sind einander ähnlich oder können sogar dieselben bleiben, wenn das Farbenerlebnis durch eine andere innere Einstellung wechselt; die Phänomene selbst aber sind trotz einer gewissen Verwandtschaft von verschiedener Natur.

Wir wollen hier etwas näher auf die Frage eingehen, in welcher Weise sich die Arten des Glanzes voneinander unterscheiden, was vor allem den Metallglanz vor den anderen Glanzarten auszeichnet. Man ist zunächst versucht, für die Besonderheit des Metallglanzes seine Buntfarbigkeit verantwortlich zu machen,

---

[1] KIRSCHMANN, S. 164.

[2] Vgl. hierzu auch unsere Ausführungen über Glanzeindrücke auf der Peripherie der Netzhaut (§ 28).

würde dabei aber nicht berücksichtigen (wie Kirschmann mit Recht betont), daß auch an Metallen fast tonfreier Farbe, wie z. B. am Silber, Metallglanz mit aller Deutlichkeit auftritt, ferner, daß in vielen Fällen buntfarbiger Glanz wahrgenommen wird, wo es sich nicht um Metallglanz handelt. Es ist nicht leicht, das Typische des Metallglanzes herauszufinden. Nach den Beobachtungen, die ich zu diesem Zweck immer wieder anstellte und die mir zunächst zeigten, daß in gewissen Fällen die Entscheidung für eine bestimmte Glanzart überhaupt schwer ist, glaube ich folgende Angaben machen zu können. Bei deutlichem Metallglanz kann man fast stets eine beträchtliche Helligkeitsdifferenz zwischen den glänzenden und den matten Teilen des glänzenden Gegenstandes konstatieren. Diese größere Helligkeitsdifferenz ist für den Eindruck deutlichen Metallglanzes zwar notwendig aber nicht hinreichend. Denn eben solche Differenzen der Helligkeit kann man auch sonst, z. B. bei den durch die auffallende Sonne verursachten Glanzlichtern bewegter Flüssigkeiten, beobachten. Von größerer Bedeutung scheint die Besonderheit der Struktur[1] des Glanzlichtes zu sein. Sie ist bei Metallen von größerer Gleichförmigkeit als bei anderen Glanzarten, z. B. beim Seidenglanz. Das Glanzlicht besitzt beim Metallglanz zuweilen den Charakter einer gewissen den Raum füllenden Dicke. Es kommt aber hinzu, daß sich das Glanzlicht des Metalles auf einen Farbengrund ganz besonderer Erscheinungsweise aufsetzt. Wir erkennen Metallflächen als solche an ihrer inneren Struktur auch in ihren nichtglänzenden resp. mattglänzenden Teilen. Man wird nie aus einer Skala tonfreier Papiere ein Grau namhaft machen können, das in jeder Beziehung der Farbe einer Silberplatte bei bestimmter Beleuchtung in ihren nichtglänzenden Teilen gliche. Die Metalle erscheinen auch in ihren nicht- oder mattglänzenden Teilen nicht mit einfachen Oberflächenfarben. Wir nehmen zwar die Oberfläche von Metallflächen wahr, ihre Farbe scheint aber hinter dieser Oberfläche zu sitzen; man glaubt ähnlich wie bei der Flächenfarbe in die Farbe des Metalles hinter seiner Oberfläche eindringen zu können.[2]

---

[1] Vgl. die Anm. auf S. 20.

[2] Diese Beschreibung klingt zwar merkwürdig. Man überzeuge sich aber selbst von ihrer Richtigkeit, indem man den Farbeneindruck einer matten Silberplatte mit dem eines gleichhellen Papieres vergleicht.

Diese Erscheinungsweise der Farbe besitzen alle Metalle oder Stoffe, die metallähnliches Aussehen haben. Es hat also einen guten Sinn, wenn wir nach dieser Feststellung erklären, daß Metallglanz nur an Körpern auftritt, die das angegebene spezifische Aussehen von Metallen haben. Das Besondere des Metallglanzes liegt demnach weniger in dem isolierten Farbeneindruck der glänzenden Teile, als in ihrer Kombination mit den nichtglänzenden Teilen des Metalles. In ganz analoger Weise ist das Besondere der übrigen Glanzarten auch mehr in dem Auftreten der Glanzlichter auf einem Farbengrund von dieser oder jener eigentümlichen Struktur zu suchen.

L e u c h t e n und G l ü h e n. Mehr um in der Angabe der Erscheinungsweisen von Farben vollständig zu sein, als um sie erschöpfend darzustellen, folgen hier noch einige Bemerkungen über die Erscheinungsweisen des L e u c h t e n s und G l ü h e n s. Hering hat wohl nur an Flammen gedacht, wenn er neben der großen Helligkeit, die auch wir für wesentlich halten, die Raumhaftigkeit als charakteristisch für das Leuchten betrachtet (Hering III, S. 575). Es sind nämlich leuchtende Farben von flächenhafter Anordnung nicht selten. Denken wir uns in einem sonst nicht beleuchteten Raume (Dunkelzimmer) eine durchscheinende Papier- oder Milchglasscheibe aufgestellt, die von einer Seite intensiv mit Licht bestrahlt wird, so hat der von der anderen Seite auf sie blickende Beobachter den deutlichen Eindruck einer lichtaussendenden l e u c h t e n d e n F l ä c h e, die ziemlich bestimmt in bezug auf ihn orientiert ist. Ist die Lichtquelle so aufgestellt, daß man sie hinter der betrachteten Fläche selbst sieht oder wenigstens als dort befindlich annehmen muß, so gewinnt man mehr den Eindruck einer d u r c h l e u c h t e t e n als einer s e l b s t l e u c h t e n d e n Fläche, Eindrücke, die nicht ganz zusammenfallen. Ich benutzte bei diesen Beobachtungen mit Vorteil eine Nernstlampe, die sich in einem Blechgehäuse befand, welches nur nach einer Seite eine durchscheinende geätzte Glasplatte trug. Bringt man vor diese Glasplatte farbige Gelatineplatten, so gewinnt das Leuchten — vermutlich weil nun die feinen Ungleichförmigkeiten der Glasplatte noch mehr zurücktreten — mehr raumhaften Charakter, was sich wieder am deutlichsten bei Verwendung einer dunkelroten Gelatineplatte äußert. Flächenhaft oder raumhaft erscheinende Farben müssen ihre Umgebung an

Helligkeit übertreffen, um den Eindruck leuchtender Farben zu machen; bestimmte Helligkeitsverhältnisse lassen sich aber in dieser Beziehung nicht gut angeben, da nicht stets bei demselben Lichtstärkenverhältnis der Eindruck des Leuchtens erweckt wird. Das Leuchten tritt erst bei einer bestimmten absoluten Lichtstärke auf, so daß auch im sonst völlig dunklen Gesichtsfeld eine Fläche nur dann zu leuchten scheint, wenn ihre Lichtstärke einen bestimmten Wert überschritten hat. Für diese Beobachtung eignet sich am besten eine im Dunkelzimmer aufgestellte, mit wirksamer Leuchtfarbe bestrichene Fläche, die nicht so viel Licht aussendet, daß andere Gegenstände sichtbar werden. Man hat dann den Eindruck einer hellen Flächenfarbe im sonst dunklen Gesichtsfeld, aber nicht eigentlich den einer leuchtenden Flächenfarbe. Meist gilt das von Hering gegebene Kriterium, daß etwas heller als ein Weiß unter denselben Beleuchtungsverhältnissen sein muß, um als leuchtend angesprochen zu werden (Hering III, S. 575). Eine Flamme, die sich im Gesichtsfeld befindet, erscheint auch dann noch leuchtend, wenn man ihre Lichtstärke zugleich mit der des ganzen Gesichtsfeldes durch einen Episkotister auf wenige Hundertstel ihres Wertes herabsetzt. Das Leuchten einer Fläche oder eines Raumes wird unter sonst gleichbleibenden Umständen deutlicher, wenn durch dasselbe eine Be-leuchtung anderer im Gesichtsfeld befindlichen Objekte erfolgt. Auf Gemälden erreicht der Künstler die Illusion eines leuchtenden Objektes nicht so sehr durch eine besonders helle Farbe dieses Gegenstandes, als vielmehr durch eine innerhalb des Bildraumes stattfindende gesetzmäßige Verteilung von Licht und Schatten in Beziehung auf jenen Gegenstand.

Die optischen Eindrücke des Glühens hat Hering in einer Weise beschrieben, der ich ganz zustimmen kann.[1] Vielleicht darf ich hinzufügen, daß der Eindruck des Glühens sich dadurch von dem des einfachen Leuchtens unterscheidet, daß man eine wohl umrissene Gestalt des glühenden Körpers wahrnimmt, während sich bei leuchtenden Flammen keine festen Grenzen angeben lassen. Doch gehen beide Eindrücke leicht ineinander über.

[1] „Ein glühendes Eisen wird durch und durch leuchtend gesehen". Das Rot von selbstleuchtendem, glühendem Eisen „wird nicht bloß an seiner Oberfläche als Flächenfarbe gesehen, sondern es erstreckt sich in die Tiefe desselben". Hering III, S. 575.

Die vorstehend mitgeteilten Analysen farbiger Eindrücke sind auf Grund oft wiederholter Beobachtungen gewonnen, die sich teils bei den unten folgenden Versuchen ergaben, teils zum ausgesprochenen Zweck der Beschreibung angestellt wurden. Die Beobachtungs a b s i c h t ist bei Beobachtungen dieser Art bei weitem nicht von dem störenden Einfluß, wie sie nachweislich bei der Beobachtung des Vorstellungsverlaufes werden kann; denn die Beschreibungen sind nicht auf Grund der S e l b s t - beobachtung, sondern der nach außen gerichteten Dingbeobachtung gewonnen. Soweit die Beobachtungsabsicht überhaupt einen unsere Phänomene ändernden Einfluß ausübt, werden wir bei den in Betracht kommenden Versuchen selbst davon Mitteilung machen (s. § 18). Manche der von uns erwähnten und im Verlauf der Arbeit noch zu nennenden Farbenphänomene haben einen besonders labilen Charakter. Eine scheinbar unbedeutende Änderung in der Versuchskonstellation oder in der inneren Einstellung kann den gerade vorhandenen Eindruck wesentlich ändern. Darf ich die, wie mir scheint, wichtigste Regel für die Beschreibung von Farbenphänomenen nennen, so ist es diese: was an den Farbenphänomenen unbestimmt ist, verlangt auch als solches beschrieben zu werden; gerade in dieser Beziehung ist die Gefahr groß, daß die Beschreibung durch der Physik entlehnte Betrachtungsweisen verfälscht wird. Wie es zwischen den Flächen- und Oberflächenfarben alle möglichen Zwischenstufen gibt, so fehlt es auch bei den übrigen Erscheinungsweisen nicht an Übergangsformen. Hiermit ist natürlich zu rechnen, wenn man die Erscheinungsweise eines konkret vorliegenden Farbeneindrucks zu bestimmen hat.

Mehr von der philosophischen Seite herkommend [1], bei dem Bestreben den Empfindungsbegriff der Psychologie herauszuarbeiten, ist mein lieber Freund Herr Heinrich Hofmann auf den vorstehenden Analysen ähnliche gestoßen. In welchem Grade unsere Analysen eine Verwandtschaft besitzen, vermag ich nicht anzugeben. Nachdem wir gesprächsweise darauf aufmerksam geworden waren, daß wir unabhängig voneinander und von ganz

---

[1] Es ist beachtenswert, was Goethe in der Einleitung zu seiner Farbenlehre über die schlichte Beschreibung der Farbenphänomene sagt. „Vom Philosophen glauben wir Dank zu verdienen, daß wir gesucht, die Phänomene bis zu ihren Urquellen zu verfolgen, bis dorthin, wo sie bloß erscheinen und sind und wo sich nichts weiter an ihnen erklären läßt.“

verschiedenen Seiten her auf ähnliche Fragen gestoßen seien, beschlossen wir, um diese Unabhängigkeit aufrecht zu erhalten, die betreffenden Probleme aus unserem Gesprächsstoff auszuschalten.

Ich glaube bis zu einem gewissen Grade durch Vorlesungen und Übungen des Herrn Prof. HUSSERL beeinflußt worden zu sein, die phänomenologische Analyse der Farbenphänomene stärker zu betonen als es bisher üblich war — daß diese Analyse für die Psychologie der Farben nicht etwas völlig Neues bedeutet, bezeugen z. B. die mehrfach erwähnten Ausführungen HERINGS. Dabei ist diese Beeinflussung mehr im Sinne der allgemeinen phänomenologischen Einstellung zu verstehen und weniger in konkret durchgeführten Analysen zu sehen; Farbenanalysen der vorstehend durchgeführten Art hat Herr Prof. HUSSERL in seinen Vorlesungen und Übungen nicht vorgetragen.

Soweit nicht HERING an den oben zitierten Stellen auf gewisse der von uns unterschiedenen Erscheinungsweisen von Farben hingewiesen hat, finden sich voraussetzungslose phänomenologische Analysen von Farbenerscheinungen, wie ich sie versucht habe, in der Literatur nur sporadisch. Auch für die Glanzerscheinungen besteht in dieser Hinsicht keine Ausnahme, trotzdem die experimentelle Untersuchung der Bedingungen ihres Zustandekommens eine Literatur für sich bildet.

Es war für mich von einem gewissen Interesse, in einer jüngst erschienenen Arbeit des Berliner Psychologischen Institutes (HERBERT SIDNEY LANGFELD. Über die heterochrome Helligkeitsvergleichung, Zeitschr. f. Psychol. Bd. 53, 1909) verschiedene Erscheinungsweisen von Farben in einer prinzipiellen Weise geschieden und vor allem zur Grundlage verschiedener Beurteilungen gemacht zu sehen. Es erschienen nämlich dieselben Farbenflächen, die nach ihrer Helligkeit beurteilt werden sollten, allein infolge einer verschiedenen Auffassung, welche durch einen Wechsel der inneren Einstellung herbeigeführt wurde, v e r s c h i e d e n hell. Genauer gesagt, ging diese Einstellung zuweilen „auf den Farbenton", zuweilen „auf das Leuchten" der beurteilten Farbenfläche, wobei vom Farbenton abstrahiert wurde. Mitunter wurde darauf geachtet, „daß die bunte Farbe und das Grau (welches zum Vergleich diente) gleich beleuchtet waren" (a. a. O. S. 130). Es dürfte sich bei diesen Beobachtungen um Erscheinungsweisen gehandelt haben, die nach unserer Terminologie als die der Flächen-, Oberflächen- und leuchtenden Farben zu bezeichnen wären. Auch die Auffassung als raumhafte und durchscheinende Farben mag bisweilen vorhanden gewesen sein (Aussagen von Vp. G S. 129 und Vp. L S. 138). Die von LANGFELD verwandte Versuchskonstellation ist, wie ich nach eigenen Beobachtungen bei ähnlichen Versuchsbedingungen bestätigen kann, in besonderer Weise geeignet, die beurteilte Farbe in verschiedener Weise erscheinen zu lassen. Dabei ist es zunächst ohne Belang, daß bei der verschiedenen Auffassung in den LANGFELDschen Versuchen sehr wahrscheinlich Akkommodationsänderungen ebenso im Spiele waren, wie ich sie bei eigenen

derartigen Beobachtungen konstatiert habe. Von welcher Art der innere Zusammenhang ist, der zwischen den bei gleichbleibendem Netzhautprozeß stattfindenden verschiedenen Auffassungen der Farbeneindrücke und den zugeordneten Helligkeitswerten besteht, ist nicht so leicht zu sagen, wie man zunächst vermuten möchte. In einer eigentlichen Erklärung für die Tatsache, daß der Farbeneindruck, wenn man auf sein Leuchten achtet, heller erscheint als dann, wenn man auf den Farbenton achtet, hat sich LANGFELD nicht versucht. Ohne eine genauere Kenntnis der die Beurteilung bestimmenden Motive würde ein Erklärungsversuch unsererseits aussichtslos erscheinen.

Es liegt natürlich die Frage nahe, ob den verschiedenen Erscheinungsweisen der Farben, die wir für die Farbenwahrnehmungen unterschieden haben, in der Sphäre der visuellen Vorstellungsbilder ähnlich verschiedene Erscheinungsweisen entsprechen. Macht sich für die Farben der Vorstellungsbilder eine Tendenz geltend, in einer Erscheinungsweise vorzugsweise aufzutreten? Die Häufigkeit, mit der die Farben der Vorstellungsbilder sich in einer bestimmten Erscheinungsweise spontan geben oder die Leichtigkeit, mit der Farben in einer vorgeschriebenen Erscheinungsweise willkürlich erzeugt werden können, diese beiden Umstände würden es möglicherweise gestatten, Regeln für die Erscheinungsweisen der Farben visueller Vorstellungsbilder abzuleiten. Das Ergebnis einer Untersuchung dieser Verhältnisse wäre für die Frage nach den genetischen Beziehungen zwischen den verschiedenen Erscheinungsweisen vielleicht nicht ohne jede Bedeutung. Ich begnüge mich damit, auf die Möglichkeit einer Untersuchung solcher Fragen, deren Beantwortung zweifelsohne mit beträchtlichen Schwierigkeiten verknüpft ist, hingewiesen zu haben. Ansätze zu einer solchen Untersuchung liegen vor bei G. E. MÜLLER. Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit und des Vorstellungsverlaufs. Leipzig 1911, S. 56 ff.

§ 3. Begriff der heterogenen Farbensysteme. „Farbwert“ oder „Farbmaterie“ und „Erscheinungsweise“ von Farbeneindrücken.

Denken wir uns alle Flächenfarben, die überhaupt in unserer Erfahrung vorkommen, mit denen, die neben diesen noch möglich sind (zu den letzteren rechne ich z. B. die über die empirisch gefundenen Endglieder von Farbenreihen hinausführenden Glieder) zusammengestellt, so erhalten wir „das System der Flächenfarben“. Innerhalb dieses Systems kann man durch Klassifikation nach bestimmten psychologischen Kategorien (Farbenton, Sättigung, Helligkeit) zu Reihenbildungen gelangen. Dieselbe Gliederung ist innerhalb des Umfangs der Oberflächenfarben, Raumfarben usw. ausführbar. Wir erhalten auf diese Weise Systeme von Farben, deren Elemente nach den oben gegebenen

Ausführungen in ihrer Erscheinungsweise spezifisch voneinander abweichen. Farben, welche verschiedenen Systemen angehören, wollen wir als heterogen[1] und die Systeme selbst als heterogene Farbensysteme ansprechen. Als homogen[1] sind demgegenüber Farben zu bezeichnen, welche demselben System angehören. An farbigen Eindrücken pflegt man für gewöhnlich die abstrakten Momente des Farbentons, der Sättigung und der Helligkeit zu unterscheiden. Diese Momente, die einem jeden Farbeneindruck unabhängig von seiner besonderen Erscheinungsweise zukommen, wollen wir als die Momente des „Farbwertes" oder der „Farbmaterie" bezeichnen. Heterogene Farbeneindrücke können in gewissen oder allen Momenten der „Farbmaterie" einander gleich sein, so daß man auf Grund dieser Tatsache an eine Koordination heterogener Farben denken kann. Wo in der vorliegenden Arbeit davon die Rede ist, daß zwischen zwei heterogenen Farbeneindrücken eine Gleichung besteht, bedeutet dies also stets nur, daß die beiden Eindrücke in allen Momenten der Farbmaterie einander gleich sind. Soweit ich sehen kann, fehlen in der Literatur fast vollständig Versuche, die dahin zielen, zwischen in unserem Sinne heterogenen Farbeneindrücken Gleichungen in dem von uns definierten Sinne herzustellen.[2] Man hat hier gewissermaßen stillschweigend unter Abstraktion von den Erscheinungsweisen der Farben Herings Vorschrift über die Vergleichung von Farbeneindrücken beobachtet. „Eine ganz sichere Vergleichung zweier Farben ist nur möglich, falls die Nebenumstände, welche außer der Art und Stärke der beiden Strahlungen und der jeweiligen Empfindlichkeit der bezüglichen Teile des Sehorganes auf die Sehweise von Einfluß sein können, wenn

[1] Ich fand keine geeigneteren Termini zur Bezeichnung der hier vorhandenen Beziehungen. Eine Verwechslung mit dem, was man für gewöhnlich als homogene Farbe oder homogenes Licht, d. h. Licht gleicher Wellenlänge, bezeichnet, ist darum nicht zu befürchten, weil sich in der vorliegenden Arbeit keine Gelegenheit bieten wird, von homogenem Licht in dieser Bedeutung zu sprechen. Wo die Gefahr einer solchen Verwechslung besteht, könnte man Farben gleicher und verschiedener Erscheinungsweise auch als homophane und heterophane Farben bezeichnen. In einem ganz anderen Sinne wieder hat Fechner von homogenen und heterogenen Farbeneindrücken gesprochen. Fechner, S. 340.

[2] Gelegentlich hat Hering einen Vergleich zwischen Sättigungsgraden von buntfarbigen Papieren und Spektralfarben angestellt. Hering V, S. 539 f.

auch nicht ausgeschlossen, so doch für beide Farben ganz gleichwertig sind. Beide Farben sollen also, abgesehen von ihrem Nebeneinander in ganz analoger Weise lokalisiert erscheinen, und jede der beiden Farben soll so völlig homogen sein, daß sie an sich selbst keinerlei Verschiedenheiten zeigt und gar nicht als einem bestimmten Außendinge angehörig, sondern nur als ein unabhängig von einem bestimmten Träger für sich bestehendes ebenes oder raumfüllendes Quale gesehen wird" (Hering VI, S. 12). Als methodisches Prinzip zur Untersuchung der reinen physiologischen Wirksamkeit verschiedener physikalischer Strahlungen kann man die Heringsche Vorschrift wohl verstehen; wo es uns allein um die Ermittlung peripher-physiologischer Wirkungen von Strahlungen zu tun war, sind wir im Laufe der vorliegenden Untersuchungen dieser Vorschrift selbst häufig nachgekommen. Insofern Hering aber die vergleichende Untersuchung von Farben überhaupt auf die der Flächenfarben beschränken will (worauf doch eine strenge Erfüllung seiner Vorschrift hinauslaufen würde), kann der Psychologe sich seinen Standpunkt als zu eng — schließt er doch eine ganze Reihe von Farben anderer Erscheinungsweisen sowie von Beziehungen heterogener Farben zueinander von vornherein von der Betrachtung aus — nicht zu eigen machen. Hering betont in dem angeführten Zitat, wie wichtig die Gleichwertigkeit der Nebenumstände für die sichere Vergleichung zweier Farben sei. Unter dem Begriff des „Nebenumstandes" faßt er hier mehrere die farbigen Erscheinungen beeinflussende Bedingungen zusammen, die man zweckmäßigerweise schärfer voneinander trennt. Er hat ohne Zweifel dabei zunächst das im Auge, daß die Verschiedenheit der Nebenumstände eine Verschiedenheit der Erscheinungsweisen der Farben bedingen kann. Es ist Hering zuzugeben, daß, wenn die Nebenumstände eine Verschiedenheit der Erscheinungsweisen der Farben bedingen, deren Vergleichung unter einem bestimmten Gesichtspunkt auch dann noch recht schwierig ist, wenn alle sonstigen Verhältnisse möglichst gleich sind. Das erfährt man z. B. bei der Lösung der Aufgabe, die Farbe eines Papieres (Oberflächenfarbe) einer Spektralfarbe (Flächenfarbe) nach einer Beziehung (z. B. nach dem Farbenton) gleichzumachen. Es hilft bei der Lösung dieser Aufgabe nicht viel, wenn man beide Farben in ungefähr gleiche Entfernung bringt und den beiden Farbenflächen gleiche Form und Größe und möglichst gleiche Umgebungen gibt. Dagegen wird nach meinen Erfahrungen die Vergleichung zweier

Farbeneindrücke durch eine Verschiedenheit der zuletzt genannten Bedingungen (und diese fallen auch unter den Begriff des Nebenumstandes bei HERING) keineswegs sehr erschwert, wenn es sich dabei nur um in unserem Sinne homogene Farben handelt. Bringe ich z. B. auf einem großen Hof (Hof des Instituts) vor dem gleichen Hintergrund zwei Farbenkreisel in sehr verschiedener Entfernung an, so gelingt es einem Beobachter leicht, trotz der verschiedenen Entfernung der beiden Kreisel auf ihnen zwei Farben einzustellen, die nach irgendeiner Beziehung einander gleichen. Dasselbe ist der Fall, wenn man unter Verwendung gelochter Schirme die Oberflächenfarben durch Flächenfarben ersetzt.

Ich hege die Ansicht, daß die Einstellung von Farbengleichungen zuweilen durch die Heterogenität der zu vergleichenden Farbeneindrücke erschwert oder auch modifiziert wird, wo man eine solche zunächst gar nicht vermuten möchte. Ich führe zur Stütze dieser Ansicht einen der Fälle an, die ich mir gelegentlich hierzu notiert habe. Zwei Spektralfarben, wie sie etwa untereinander im ASHERschen Apparat dargeboten werden, schienen sich bei ausgeprägter Sättigungs- und Helligkeitsdifferenz nicht allein wegen dieser Verschiedenheit schwer auf gleichen Farbenton bringen zu lassen sondern auch weil sie nicht die gleiche Erscheinungsweise aufwiesen. Die dunklere stand den Oberflächenfarben näher und war wie mit einem dunkleren Schleier überzogen.

Bei dem Unternehmen, die Beziehungen heterogener Farbensysteme zueinander zu ermitteln, ist es zweckmäßig, zunächst die Frage aufzuwerfen, welche systematische Anordnung man den Farben bislang hat zuteil werden lassen. Soweit ich sehen kann, ist in den Lehrbüchern der Psychologie, wo von einer Anordnung der Farben die Rede ist, diese stets ohne besondere Berücksichtigung ihrer Erscheinungsweise durchgeführt worden. Man pflegt allgemein von d e n Farben zu sprechen, die nach drei Richtungen variabel seien und greift zu Veranschaulichungen durch zweckentsprechende stereometrische Konstruktionen. „Das (oktaedrische) Schema liefert eine anschauliche und zugleich, wie die Mathematik sagt, k o n f o r m e A b b i l d u n g des ganzen Reichtums der Farbenwelt.“ [1] Wir fragen nun: welches unserer heterogenen Farbensysteme hat wohl durch dieses Schema (oder durch eines der anderen gebräuchlichen dreidimensionalen Schemata) seine Abbildung gefunden, erlauben sie vielleicht alle die Abbildung durch das g l e i c h e Schema? Zu der ersten Frage be-

[1] EBBINGHAUS, S. 200.

merken wir folgendes: Für Versuchszwecke bedient man sich herkömmlicherweise vornehmlich der Spektralfarben und der Farben farbiger Papiere. Da wir in diesen die Repräsentanten der Flächen- und Oberflächenfarben erblickten, so liegt die Vermutung nahe, daß durch das EBBINGHAUSsche Schema das System der Flächen- oder der Oberflächenfarben dargestellt sein soll. Weiterhin macht es die allgemein vorhandene Tendenz, von der Erscheinungsweise der Farben nach der HERINGschen oben (S. 32 f.) angegebenen Vorschrift zu abstrahieren, d. h. sie als Flächenfarben aufzufassen, wahrscheinlich, daß bei EBBINGHAUS wie auch sonst die Flächenfarben gemeint sind, wenn von den Farben schlechthin die Rede ist. Wieweit diese Vermutung zutrifft, wird näher zu prüfen sein. Als konforme Abbildung der Oberflächenfarben in ihrer Gesamtheit ist jedenfalls keine der bisher üblichen stereometrischen Konstruktionen der Farbenkörper anzusehen, was sich als ein allgemeineres Versuchsergebnis der vorliegenden Arbeit herausgestellt hat.

Wir können es bis auf weiteres dahingestellt sein lassen, ob bei Diskussionen über farbenpsychologische Dinge dem Untersuchenden im stillen mehr Farben dieser oder jener Erscheinungsweise vorgeschwebt haben. In den Versuchen selbst, die man bis jetzt angestellt hat, durfte man mit Recht die jeweilige Erscheinungsweise der Farben unberücksichtigt lassen, solange man Vergleiche von Farben vornahm, die innerhalb desselben Farbensystems lagen. Alle Sätze über Farben, zu deren Aufstellung man sich veranlaßt sah, haben hiernach Geltung und wollen nur Geltung haben für die Momente, die nach unserer Definition zur „Farbmaterie" gehören. Es mag ausdrücklich gesagt werden, daß wir diesen Standpunkt ganz anerkennen; die Versuche der vorliegenden Arbeit zielen hauptsächlich nach der Untersuchung derjenigen Seite der Farbenphänomene, die bis jetzt keine Berücksichtigung fand. Wir wollen die Beziehungen zwischen heterogenen Farben prüfen. Soll ich das Problem angeben, dessen Verfolgung ein gewisses Band für die folgenden teilweise nur lose aneinander gereihten Untersuchungen abgab, so ist es das, den inneren Zusammenhang der heterogenen Farbensysteme aufzudecken. Als ein wertvolles Instrument zur Ermittlung besagter Zusammenhänge erwies sich das Verfahren, das ich als das der vollständigen Reduktion der farbigen Eindrücke bezeichne. Der Einführung dieses Begriffes dient der folgende Paragraph.

§ 4. Begriff der vollständigen Reduktion von farbigen Eindrücken.

Mit Ausnahme des subjektiven Augengrau finden alle Farben, von denen in dieser Arbeit die Rede sein wird, ihre Auslösung durch Einwirkung von Lichtstrahlen auf der Netzhaut. Welcher Art sind die Netzhautprozesse bei heterogenen Farben? Haben wir Grund zu der Annahme, daß bereits diese Prozesse sich bei heterogenen Farben voneinander unterscheiden? Folgende Betrachtung mag zur Entscheidung dieser Frage dienen. Wir führten oben (S. 9f.) die Bedingungen an, unter denen sich der Eindruck einer Oberflächenfarbe in den der Flächenfarbe überleiten läßt. Besitzt die Oberflächenfarbe noch irgendeine von der „Norm" abweichende Beleuchtung, so daß sie z. B. nach unserer Terminologie als „nicht normal beleuchtet" (s. unten § 8) zu bezeichnen wäre, so läßt sie sich auch durch einen gelochten Schirm in eine Flächenfarbe überführen. Der raumhafte Charakter einer Farbe ist durch dieselben Anordnungen zu beseitigen und durch den der Flächenfarbe zu ersetzen. Für die Eindrücke des Glänzens haben wir (S. 24 f.) die Möglichkeit der Überführung in Flächen- oder Oberflächenfarben ausdrücklich erwähnt; je nach der getroffenen Anordnung ist dieser oder jener Eindruck zu erzielen. Fügen wir noch hinzu, daß auch jede der übrigen von uns unterschiedenen heterogenen Farben durch passende Maßnahmen rein als „ebenes Quale" zum Bewußtsein gebracht werden kann, so ist damit die Möglichkeit erwiesen, alle Farbeneindrücke in Flächenfarben zu überführen. Die Überführung läßt sich in allen Fällen so erreichen, daß wir einen gelochten einfachen oder Doppelschirm in geeigneter Entfernung zwischen das Auge und den Licht aussendenden Raum einschieben. Diese Überführung in Flächenfarben wollen wir als vollständige Reduktion der Farbeneindrücke bezeichnen. Die Zurückführung aller Farbeneindrücke auf Flächenfarben ist nicht etwas ganz Neues, insofern sie gewissermaßen bereits in Herings mehrfach erwähnter Vorschrift implicite enthalten ist; neu ist sie nur als ein methodisches Prinzip zur vergleichenden Untersuchung heterogener Farben. Die Zurückführung gerade auf Flächenfarben ist darum nicht willkürlich, weil die Möglichkeit, durch eine einfache Änderung der Bedingungen der Wahrnehmung Farben

beliebiger Erscheinungsweise den einheitlichen Charakter einer Oberflächenfarbe, Raumfarbe usw. zu verleihen, so wie man ihnen den einheitlichen Charakter der Flächenfarbe verleihen kann, nicht besteht. Die vollständige Reduktion [1] nun ist es, welche uns die Mittel an die Hand geben soll, die Art der Netzhauterregung, welche die Auslösung irgendeines Farbeneindrucks bedingt, kennen zu lernen. Damit die Reduktion dies wirklich leistet, hat sie stets so zu erfolgen, daß dabei die Voraussetzung erfüllt ist, die die Netzhaut nach der Reduktion treffende Lichtstrahlung habe gegenüber der früher vorhandenen infolge der Reduktion keine irgendwie zu berücksichtigende Änderung erlitten. Ich gebe im folgenden an, worauf man zu achten hat, damit diese Voraussetzung erfüllt sei. Die Erregung einer Netzhautstelle durch Licht ist von ihrem Zustand, der Art und Stärke des sie selbst sowie ihre Umgebung treffenden Lichtes abhängig. Will man bei der Reduktion eines Farbeneindrucks also Gleichbleiben der ihn auslösenden Netzhauterregung behaupten können, so hat man einfach auf ein Gleichbleiben der eben erwähnten Umstände zu achten. Vor und nach der Reduktion muß bei gleichem Zustand der Netzhaut beobachtet werden; diese Bedingung läßt sich stets leicht erfüllen. Erregungsgleichheit in der näheren und auch weiteren Umgebung der in Betracht kommenden Netzhautstelle vor und nach der Reduktion ist durch passende Wahl der Farbe des gelochten Schirmes sowie seiner Beleuchtung zu erzielen. Die reduzierende Anordnung ist in allen im folgenden in Betracht kommenden Fällen so getroffen worden, daß die eben erwähnten Bedingungen erfüllt sind, ohne daß dies jedesmal noch ausdrücklich erwähnt wird. Es liegt im Wesen der Reduktion eines Farbeneindrucks, daß dabei eine Änderung hinsichtlich seiner Lokalisation meist und hinsichtlich der Art seiner Raumerfüllung stets eintritt. Nach der Reduktion wird die Farbe (die Flächenfarbe) immer in unbestimmter Entfernung hinter dem gelochten Schirme erscheinen. In den seltensten Fällen wird bei unveränderter Stellung des Beobachters zu den Strahlen aussendenden Stellen des Raumes die Akkommodation des Auges vor und nach der Reduktion die nämliche sein. Es fragt sich, ob die mit der Änderung der Akkom-

---

[1] Ist im folgenden von Reduktion ohne Beiwort die Rede, so soll jedesmal die vollständige Reduktion gemeint sein. Wir führen später noch andere Formen der Reduktion ein.

modation einhergehende Änderung des Strahlenganges unter den gegebenen Umständen von Einfluß auf die Stärke der Netzhauterregung ist. Dies ist nicht der Fall, solange das Loch des Schirmes von der zu untersuchenden Lichtstrahlung vollständig und gleichförmig ausgefüllt bleibt. Es geht dies hervor aus Ausführungen von HELMHOLTZ über die Lichtstärke von Objekten, die sich in Zerstreuungskreisen abbilden (HELMHOLTZ II, S. 113). Änderungen der Lichtstärke der Netzhautbilder, welche als Folge von die Akkommodationsänderungen begleitendenÄnderungen der Pupillenweite anzusehen wären, kommen nicht in Betracht, solange der reduzierende Schirm in einer gewissen Entfernung (mehr als 1 m) von dem beobachtenden Auge bleibt.[1] Die Stärke der Netzhauterregung ist demnach unter den angegebenen Bedingungen von der Akkommodation unabhängig. Es ist vorteilhaft, bei der Betrachtung der reduzierten Farbe auf den Rand des Schirmlochs zu akkommodieren, um dessen Abbildung in Zerstreuungskreisen zu verhindern.[2] Dieses Verhalten wurde von den Beobachtern, schon weil es das natürlichste war, leicht erfüllt. Was ist nun durch das Mittel der Reduktion erreicht? Zunächst läßt sich durch dasselbe zeigen, und damit kommen wir auf die Beantwortung der eingangs des Paragraphen aufgeworfenen Fragen, daß die Farben heterogener Erscheinungsweise sich alle durch dieselben Netzhauterregungen auslösen lassen. Wir können diesen Befund auch dahin aussprechen: Es gibt keinen Farbeneindruck, welche Eigentümlichkeiten auch immer er besitzt, dem nicht n a c h seiner Reduktion eine Farbe aus dem System der Flächenfarben als vollkommen gleich zuzuordnen wäre. Ich bin bei meinen Versuchen auf keine Ausnahme von diesem Satz gestoßen. Man könnte ihn trivial finden, weil er eigentlich den meisten Untersuchungen über Farben stillschweigend zugrunde gelegt ist. Immerhin lohnte es sich, ihn explicite zu formulieren, weil er im Zusammenhang mit unseren übrigen Untersuchungen nicht ohne alle Konsequenzen bleibt.

Was in deskriptiver Hinsicht über die Farben heterogener Erscheinungsweise zu sagen war, ist durch das bis jetzt Ausgeführte in allen wesentlichen Punkten wenigstens berührt worden. In der Re-

---

[1] Vgl. BACH, S. 60.

[2] Das Loch muß auch stets so groß genommen werden, daß man nicht nur den Kontrast, sondern auch die Irradiation der Lichtstrahlen auf der Netzhaut vor und nach der Reduktion als gleichgroß ansehen darf.

duktion der Farben bietet sich uns das Mittel der Untersuchung, das über die reine Deskription hinausführt, indem es gestattet, neue psychologische und psychophysische Beziehungen zwischen den heterogenen Farben durch Bezugnahme auf einen gemeinsamen Ausgangspunkt (die Netzhauterregung) abzuleiten. Die Reduktion aller Farbeneindrücke auf die Flächenfarben schien auch schon deswegen erwünscht, weil aller Grund zu der Annahme besteht, daß von den gesetzmäßigen Beziehungen, die zwischen den Farbenwahrnehmungen und den zugehörigen Netzhauterregungen bestehen, die zwischen den Flächenfarben und den sie auslösenden Netzhauterregungen zu den einfachsten gehören.

Abschnitt II.

Beobachtungen und Versuche im Gebiete der Flächenfarben.

§ 5. Das subjektive Augengrau.

Wir haben oben angedeutet, daß nicht allen Beobachtern das subjektive Augengrau sich in raumhafter Weise darbietet, wie es nach HERINGS Angaben bei ihm der Fall ist. Die Versuche, die ich mit einer Reihe von Versuchspersonen durchführte, lassen keinen Zweifel darüber, daß hinsichtlich der Erscheinungsweise desselben eine größere individuelle Variabilität[1] herrscht, als man gemeinhin vermuten möchte, ein Umstand, der bei unserem auf Erscheinungsweisen von Farben gerichteten Interesse uns schon allein veranlassen würde, in sein Studium einzutreten. Es kommt hinzu, daß das subjektive Augengrau infolge der be-

[1] Mit HERINGS Angabe vgl. man beispielsweise auch die Beschreibung, die FECHNER von seinem subjektiven Augengrau gibt. „Das Feld der Nachbilder bei geschlossenen Augen, das schwarze Sehfeld, scheint mir von sehr beschränkter Größe, ohne alle Tiefe, unmittelbar vor meinen Augen oder mit der Vertikalebene derselben selbst koinzidierend." Elemente der Psychophysik. 2. Aufl. Leipzig 1889. Teil II, S. 472.

Es sei gestattet, hier auch die letzte Äußerung HERINGS (HERING VI, S. 129 Anm.) über sein Augengrau anzuführen, weil sie zugleich ein für unsere späteren Versuche über die Nachbildlokalisation interessantes Moment enthält. „Das Eigenhell des verfinsterten Auges erscheint mir nicht als eine vor den Augen befindliche graue Fläche, sondern als ein raumhafter unsteter Lichtnebel. Vielleicht würde es besser gelingen, es flächenhaft zu sehen, wenn es eine wahrnehmbare Grenze zum Rahmen hätte. Denn sobald es Nachbilder enthält, wird es für mich zur Fläche (von mir gesperrt gedruckt). Es ist weder homogen noch stetig, sondern fleckig, wolkig und an derselben Stelle abwechselnd weißlicher und schwärzlicher."

sonderen Stellung, die es wegen seiner zentralen Auslösung im Reiche der Farben einnimmt, und die ihm eine weitgehende Beachtung in farbentheoretischen Untersuchungen gesichert hat, auch in dem Gange unserer Versuche den Ausgangspunkt teils weiterführender Versuche, teils bestimmter theoretischer Erörterungen zu bilden hat. Schließlich dürften auch aus dem Grunde die folgenden Ausführungen nicht unwillkommen sein, weil es uns überhaupt an einer eingehenden Untersuchung des subjektiven Augengrau völlig mangelt.

Beobachter waren bei den Versuchen die Herren Blachowski (A), Busemann (B), Collett (C), Hofmann (P), Dr. Katz (E), gelegentlich Herr Prof. Müller (F) und Fräulein Neklepajewa (G). Um eine leichtere Verständigung mit den Vpn über das Beobachtete zu erzielen, erläuterte ich ihnen an Beispielen die Bedeutung von Termini wie Flächen-, Oberflächen- und Raumfarben, wobei ich jede suggestive Wirkung für die folgenden Beobachtungen selbst sicher dadurch vermieden zu haben glaube, daß ich die Exemplifizierung nicht an dem subjektiven Augengrau selbst vornahm.

Darin sind sich alle Beobachter einig, daß hinsichtlich der Unbestimmtheit der Lokalisation das subjektive Augengrau[1] alle übrigen Farbeneindrücke übertrifft. Es liegt wohl in der Richtung vor den Augen; aber darüber hinaus läßt sich eine Maßangabe nur schwer machen.[2] Speziell wer Neuling in der Beobachtung dieses subjektiven Phänomens ist, macht, solange man nicht ein besonderes einübendes Versuchsverfahren anwendet, seine Angaben in so vager Form, daß es einem Versagen in der Beobachtung überhaupt nahekommt (wahrscheinlich ist die Unbestimmtheit der Lokalisation des subj. A. neben seiner sehr geringen Eindringlichkeit die Ursache dafür, daß es an einer eingehenden Untersuchung der damit zusammenhängenden Erscheinungen noch mangelt). Um bestimmtere Angaben zu erzielen, die Vp. gewissermaßen in der Beobachtung zu erziehen, ging ich auf folgende Weise vor. Vor die geschlossenen Augen brachte ich eine intensiv

[1] Im folgenden abgekürzt als subj. A.

[2] Herr Prof. Müller bildet die einzige Ausnahme. Wie er mir mitteilt, glaubt er die größere Bestimmtheit der Lokalisation eines subj. A. als eine Folge seiner jahrzehntelangen Beobachtung ansehen zu können. Vgl. hierzu die Aussage von Vp. P auf S. 44.

leuchtende Lichtquelle (ein Gasglühlicht, zuweilen auch eine Bogenlampe). Nimmt man eine für Licht undurchlässige Pappe, die sich zwischen der Lichtquelle und den Augen befindet, schnell fort, so fällt noch so viel Licht durch die Augenlider, daß eine ganz beträchtliche Aufhellung im Gesichtsfeld zu beobachten ist. Auch wer aus mangelnder oder geringer Übung über die Lokalisation seines Augengrau zunächst gar keine näheren Angaben zu machen vermag, zögert keinen Augenblick mit seinem Urteil über den ungefähren Ort des beobachteten Licht w e c h s e l s , nach einiger Übung auch des Augengrau selbst. Ohne Zweifel hat das die Netzhaut erregende, das subj. A. an Eindringlichkeit sehr überragende Licht die Wirkung, die optische Aufmerksamkeit in eine unter den besonderen Bedingungen (geschlossene Augen!) gar nicht gewohnte Richtung zu lenken. Dabei kommt als die Aufmerksamkeit erregend neben der hohen Intensität des applizierten Reizes der Licht w e c h s e l an und für sich in Betracht, indem er ähnlich wie eine Bewegung im Gesichtsfeld bei geöffneten Augen wirkt. Die Lokalisation des Licht w e c h s e l s findet nach den Angaben der Vpn mit größerer Bestimmtheit statt als die des konstanten helleren Lichtes. Hat sich die optische Aufmerksamkeit infolge der Wirkung des Lichtwechsels und der hohen Intensität des verwendeten Lichtes mehrfach in die ungewohnte Richtung eingestellt, so kommt diese Einübung auch der Aussage über die Lokalisation des subj. A. zugute. Nach Absolvierung dieser einübenden Versuche bekommt man nun folgende Angaben über die Artungen und Entfernungen des subj. A. zu Protokoll. Die Mitte des grauen bis schwarzen Sehfeldes wird von den verschiedenen Vpn in eine Entfernung lokalisiert, deren Grenzen ganz roh mit 10—40 cm angegeben werden. Ich sage Mitte, weil das subj. A. für die Mehrzahl der Beobachter nicht in einer Ebene zu liegen scheint und somit die einzelnen Teile seiner gekrümmten Fläche eine verschiedene Entfernung vom Beobachter besitzen.

Die Fläche, in der sich das Augengrau darbietet, scheint in der Regel eine gegen den Beobachter konkave, von manchen Beobachtern als „trichterförmige Vertiefung" bezeichnete, Krümmung zu besitzen; eine solche kam bei allen Vpn bis auf G zur Beobachtung, die eine k o n v e x e Krümmung konstatierte. Der E b e n e kommt die beobachtete Fläche am nächsten bei P und E. Auch bei Aufhören aller Nachbilder besitzt das subj. A.

selten in seiner ganzen Ausdehnung die gleiche Farbe. Einmal erscheinen seine peripheren Teile (B), ein anderes Mal die zentralen Teile deutlich heller (G). Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Krümmungen der Fläche mit besonderen gewohnheitsmäßig bedingten Einstellungen der (Akkommodation[1] und) Konvergenz der Augen oder auch der optischen Aufmerksamkeit auf die einzelnen Teile des Sehfeldes bei den verschiedenen Vpn im Zusammenhang stehen. Daß bestimmte Stellen des Sehfeldes auch bei geschlossenen Augen eine durch die Aufmerksamkeitsverteilung bedingte Bevorzugung erfahren können, darauf deutet folgende Aussage. „Das Ganze hat etwa die Form eines Kegels, dessen Spitze Fixationspunkt ist und am weitesten wegliegt" (B). Wir sprechen aber diese Vermutung auch auf Grund weiter unten (S. 45 ff.) folgender Versuche aus.

Als wir oben der Unbestimmtheit der Lokalisation von Flächenfarben Erwähnung taten, mußten wir die Deutung zurückweisen, als käme dabei ein Schwanken der Flächenfarben im Raume in Betracht. Es ist wohl überflüssig zu erwähnen, daß auch in Beziehung auf das subj. A. die Bezeichnung „Unbestimmtheit oder Lokalisation" in dem oben definierten Sinne gebraucht worden ist. Bei unserem Phänomen konnte von einer eigentlichen und dabei ausgeprägten Bewegung im Gesichtsfeld nur Vp. G berichten, die sowohl bei geschlossenen als bei im Dunkelzimmer geöffneten Augen Wolken wahrnahm, die sich bewegten und während der Bewegung ihre Helligkeit änderten. Von dieser Bewegung sowie den Wolken überhaupt sah die Vp. bei den folgenden Beobachtungen so weit als möglich ab. Vp. C sah innerhalb ihres subj. A. helle Punkte, die sich mit großer Unbestimmtheit darin bewegten. Das Studium dieser Erscheinung mochte ich nicht weiter verfolgen und ließ im folgenden von diesen Lichtpunkten absehen, was leicht gelang. Von einem ganz anderen Gesichtspunkt aus sind natürlich die Veränderungen zu betrachten, welche die

[1] Akkommodation und Konvergenz stehen zwar in der bekannten festen Verknüpfung; in dem vorliegenden Falle dürfte aber, wenn überhaupt, nur von einem Einfluß der Konvergenz die Rede sein. Nach E. Emmert (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Jahrg. XIX 1881, S. 448) ist es wahrscheinlich, daß die Größe der Nachbilder nicht von der Akkommodation abhängig ist. Dieser Befund im Zusammenhang mit unseren späteren Versuchen über den Einfluß, den das subj. A. durch die Änderung der Augenstellung erleidet, berechtigt uns zu der vorstehenden Bemerkung.

Erscheinungsweise des subj. A. dadurch erfährt, daß ein Beobachter infolge eines bestimmten, z. B. wissenschaftlichen, Interesses ihm eine über längere Zeit fortgesetzte Beobachtung widmet. „Ehe ich mich intensiv mit der Beobachtung meines Augengrau beschäftigte, hatte es mehr raumhaften Charakter als später, wo dies der Fall war. Durch die Beobachtung wurde es mehr flächenhafter Natur. Nachdem ich mich lange Zeit nicht mit seiner Beobachtung abgegeben hatte, wurde es wieder raumhafter, wenn auch nicht so raumhaft, wie es früher gewesen war" (P). Diese Beobachtung läßt sich durch andere ähnliche stützen, so daß wir die Tatsache, daß sich die Erscheinungsweise des subj. A. infolge seiner fortgesetzten Beobachtung ändert, als eine seiner Eigentümlichkeiten betrachten dürfen.

Es soll nicht bestritten werden, daß infolge der Möglichkeit einer Veränderung des subj. A. durch seine Beobachtung allen unseren Ausführungen nur eine Geltung mit Vorbehalt zuzusprechen ist, indem sie sich nur auf das subj. A. beziehen, wie es die Beobachter zur Zeit dieser Versuche erlebten. Wie es damit zu früheren Zeiten bestellt war, ist hierdurch nicht entschieden. Unwahrscheinlich ist es nicht, daß gerade die einübenden Vorversuche gewisse Änderungen desselben im Gefolge hatten. Man erkennt, daß der Frage nach dem Verhalten gewisser Phänomene zu einer Zeit, als sie noch nicht der Prüfung unterstanden, wie wir sie hier für den speziellen Fall des subj. A. stellen können, eine allgemeine Bedeutung in der Psychologie zukommt.

Wir kommen mit der letzten Beobachtung der Vp. P auf die allgemeine Frage, wie es mit der Anordnung des subj. A. im Raume bestellt ist. Der zur Zeit unserer Versuche vorhandene Status wird von derselben Vp. wie folgt angegeben. „Die Wahrnehmung ist vergleichbar der einer dicken Nebelschicht, durch die man keine Gegenstände sieht oder der einer stark getrübten Flüssigkeit (Kalkmilch). Die Entfernung zwischen dieser Schicht und der Vp. (etwa 30 cm) ist nicht so wie der Raum zwischen den Gegenständen und der Vp. beim Dämmerungssehen in deutlicher Weise von einem dreidimensionalen Dunkel angefüllt. Vielmehr ist der Charakter der Entfernungswahrnehmung am ehesten dem zu vergleichen, der bei Tagesbeleuchtung der Wahrnehmung der Entfernung zwischen den Objekten und der Vp. zukommt." Diese Angaben stimmen fast wörtlich mit den von Vp. C gemachten überein; letztere Vp. zieht auch zum Vergleich die Himmelsfarbe heran, die allerdings an Lockerheit von der des subj. A. noch übertroffen wird. Meine eigene Beobachtung steht der von C am

nächsten. Von einem gewissen Interesse ist der Vergleich mit dunklem Sammet, den Vp. G in bezug auf ihr subj. A. anwendet, wohl um eine gewisse Dicke seiner Farbschicht anzudeuten. Zur negativen Bestimmung ist noch hinzuzufügen, daß für meine Beobachter das subj. A. den Oberflächenfarben durchaus nicht verwandt ist, aber ebenso entschieden wird von ihnen bestritten, daß es den Raum mit solcher Deutlichkeit in dreidimensionaler Weise erfüllt, wie man es bei den eigentlich raumhaften Farben, z. B. beim Nebel, gewohnt ist. Ich möchte nach diesen Ausführungen das subj. A. als den Flächenfarben nahestehend betrachten, da es, von der ausgeprägten Wölbung abgesehen, deren charakteristischen Merkmale teilt. Es steht andererseits den Raumfarben näher als die Flächenfarben, die wir früher beispielsweise angeführt haben.

Wir fassen das über das subj. A. Gesagte zusammen: Sieht man von den individuellen Besonderheiten in der Erscheinungsweise des subj. A. ab, die sich in seiner Gestaltung sowie der Größe seiner Entfernung äußern, so gilt von ihm, daß es die Erscheinungsweise einer den Raumfarben verwandten Flächenfarbe von hoher Unbestimmtheit der Lokalisation besitzt.[1] Häufige Beobachtung kann verändernd auf seine Erscheinungsweise einwirken.

Über einige Faktoren, welche auf die Erscheinungsweise des subj. A. von Einfluß sind. Nach wohlbegründeten Anschauungen hat das subj. A. seine Ursache in einer ununterbrochenen endogenen Erregung der Sehsphäre.[2] Man sollte also vermuten, daß es keine Änderung erleiden wird, solange nicht durch eine periphere Erregung die bestehende endogene Erregung eine Änderung erfährt. Diese Vermutung trifft für das subj. A. als Ganzes, d. h. mit seiner besonderen Erscheinungsweise, nicht zu. Hinsichtlich der letzteren

[1] Das subj. A. besitzt von allen Farbenphänomenen, die in der vorliegenden Arbeit zur Beobachtung gekommen sind, die größte Unbestimmtheit der Lokalisation. Damit ist natürlich durchaus nicht gesagt, daß es nicht durch andere Phänomene, welche eine Lokalisation im Raume erfahren, an Unbestimmtheit der Lokalisation übertroffen werden kann. Herr Prof. MÜLLER teilt mit mit, daß dies nach seinen Untersuchungen für gewisse visuelle Vorstellungsbilder der Fall ist. Diesen Gesichtspunkt möge man für die weiteren Untersuchungen der vorliegenden Arbeit im Auge behalten.

[2] Vgl. z. B. MÜLLER II, S. 40 ff.

konstatieren manche Beobachter bereits eine Änderung, wenn sie bei geschlossenen Augen auf einen in großer Nähe vor den Augen vorgestellten Punkt konvergieren. Das subj. A. scheint sich dabei dem Beobachter zu nähern, seine Fläche an Ausdehnung zu verlieren.[1] Diese Fläche gewinnt aber dabei eine festere Struktur; die grauen Farbenmassen erfahren gewissermaßen eine Verdichtung.[2] Ich ließ im vollständig verdunkelten Raum die Augen abwechselnd öffnen und schließen und legte den Vpn die Frage vor, ob sie dabei irgendeine Änderung ihres subj. A. wahrnehmen könnten, ein Versuch, den man für überflüssig halten könnte, wenn dabei nur nach der Stellung des subj. A. in der Reihe der tonfreien Farben in beiden Fällen gefragt wäre. Aus den Aussagen der Vpn A, C, E, F und G[3] geht teils direkt, teils mehr indirekt hervor, daß bei Öffnung der Augen das subj. A. eher etwas bestimmter lokalisiert wird und gleichzeitig in eine größere Entfernung zu rücken scheint, wobei die Fläche, in der es sich darbietet, an Ausdehnung gewinnt. C betont, daß der beschriebene Eindruck im Augenblick der Öffnung der Augen am deutlichsten ist, darauf wieder undeutlicher wird. Die Konkavität des subj. A. nimmt bei der Öffnung der Augen ab. „Bei Öffnung der Augen verschieben sich die Trichterwände nach einer zur frontalen Ebene parallelen Ebene hin" (F). Diese Änderungen treten bei einem natürlichen unbefangenen Verhalten ein, sie bleiben aber ganz aus, wenn v o r der Öffnung der Augen ein bestimmter Punkt des Gesichtsfeldes mit der Aufmerksamkeit erfaßt und seine Fixation bei und während der Öffnung streng beibehalten wird.

Im vollständig verdunkelten Raume lasse ich die geöffneten Augen Bewegungen nach links, rechts, oben und unten ausführen. Dabei ändert sich in erster Linie die Form der Fläche, in der das subj. A. liegt. Diese kann eine Ausbuchtung nach der Richtung hin erfahren, nach der eine Bewegung der Augen stattgefunden hat (C). Es kommt auch vor, daß das ganze Gesichtsfeld sich nach

---

[1] Man vgl. hiermit die Änderungen der Größe der Nachbilder, welche nach G. MEYERHAUSEN bei Konvergenzänderung der geschlossenen Augen eintraten. Arch. f. Ophthalm. Bd. 28, 1883.

[2] Vgl. die Anm. auf S. 20.

[3] Aus äußeren Gründen konnte ich diesen Versuch mit B und P nicht anstellen. Ich will hier gleich bemerken, daß auch bei den folgenden Beobachtungen gelegentlich die eine oder die andere wegen äußerer Umstände bei diesem oder jenem Beobachter ausfallen mußte.

der betreffenden Seite zu bewegen scheint (A und E). Nicht ohne Interesse ist schließlich auch, daß bei kreisartiger Drehung des Kopfes der Eindruck zustande kommt, „daß das dabei beobachtete Feld größer als das bis dahin gesehene sei" (C).

Neben den Änderungen, welche bei unseren Versuchen das subj. A. in betreff seiner Erscheinungsweise erfuhr, sind irgendwelche Helligkeitsänderungen nicht zur Beobachtung gekommen.[1] Da ein ungeübter Beobachter am ehesten Änderungen der farbigen Qualität seines subj. A. bei diesen Versuchen erwarten wird, so kann es leicht vorkommen, daß sich die stattfindenden Änderungen der Erscheinungsweise ganz seiner Beachtung entziehen; darauf möchte ich hingewiesen haben für den Fall, daß die Versuche von anderer Seite wiederholt werden sollten. Einer Erklärung der Änderungen, welche die Erscheinungsweise des subj. A. erfährt, scheinen keine besonderen Schwierigkeiten im Wege zu stehen. Die mitgeteilten Beobachtungen legen es nahe, an eine Abhängigkeit der Erscheinungsweise des subj. A. von der besonderen Richtung der optischen Aufmerksamkeit oder von der mit dieser gewöhnlich einhergehenden Augenstellung zu denken. Ein ganz sicherer Beweis wird sich hierfür nicht erbringen lassen. Die Methode, die Augenstellung unter den verschiedenen Bedingungen der Beobachtung aus dem Verhalten von Nachbildgrößen zu bestimmen, wie sie die oben zitierte Arbeit von Meyerhausen an die Hand gibt, ist hier nicht anwendbar. Durch ein jedes Nachbild wird die Erscheinungsweise des subj. A., resp. der sonst im Gesichtsfeld vorhandenen Eindrücke, in ganz entschiedener Weise geändert, wie wir in späteren Versuchen zeigen werden;

---

[1] Man muß natürlich bei diesen Versuchen Augenbewegungen von einer solchen Stärke vermeiden, daß Lichterscheinungen eintreten, die durch Druck des Augapfels oder durch Zerrungen des Sehnerven ausgelöst werden.

Beobachtungen über Schwärzlicherwerden des subj. A. bei Akkommodation und Konvergenz für die Nähe, wie sie E. R. Jaensch (Jaensch II, S. 2 f.) mitteilt, wurden von meinen Beobachtern nicht spontan zu Protokoll gegeben. Soweit man nicht an individuelle Differenzen denken will, liegt es nahe anzunehmen, daß das oben angegebene Dichterwerden der Farbenmassen des subj. A. als ein Schwärzlicherwerden aufgefaßt wurde. Wesentlich ist, daß sowohl von J. wie von mir eine Beeinflussung des subj. A. durch Konvergenzwechsel resp. Änderung der Aufmerksamkeitseinstellung konstatiert worden ist. Demgegenüber ist die Differenz in der Beschreibung jener Änderung des subj. A. ohne größere Bedeutung und vermutlich durch Heranziehung zahlreicher Vpn aufzuklären.

außerdem gehen bereits von jedem Nachbild Impulse zu bestimmten Augenstellungen aus. Die einzige Möglichkeit, bei geschlossenen Augen die Stellung der Augen wenigstens grob zu bestimmen, ist die, daß man einen oder zwei Finger lose auf ein Augenlid oder auf beide legt und die Stellung der durch dasselbe tastbaren Vorwölbung der Hornhaut zu erkennen sucht.[1] Leichter als die Lage selbst gibt sich dabei noch die Verschiebung des Auges aus einer Lage in die andere kund. Man tut also gut daran, soweit als möglich auch diese Verschiebung bei der Ermittlung einer Ruhestellung des Auges zu berücksichtigen. Es mag noch erwähnt werden, daß die Augenstellungen durch die Berührung des Augenlides, wenn sie nicht genügend leicht erfolgt, eine Änderung erfahren können. Eine Beobachtung, bei der man gleichzeitig auf das Gesichtsfeld und auf die Lage oder Verschiebung des Auges achten soll, ist etwas schwierig. Ich berichte darum im folgenden in erster Linie über die eigenen Erfahrungen, denen wegen der Häufigkeit, mit der sie gemacht wurden, eine gewisse Sicherheit zukommt.

Schließe ich die Augen, um mich einem nichtvisuellen Eindruck, z. B. einem akustischen, ganz zuwenden zu können, so ergibt eine Berührung des Auges eine starke Aufwärtsrichtung, wie sie bei offenem Auge überhaupt nicht vorkommen dürfte. Richte ich jetzt die Aufmerksamkeit auf das dunkle Gesichtsfeld, so tritt in deutlicher Weise eine Einstellung der Augen nach vorn ein. Es ist unverkennbar mit einer gewissen Schwierigkeit verbunden, die Aufmerksamkeit auf das subj. A. zu richten, während die Augen stark nach oben gerichtet sind.[2] Letzteren Falles entzieht sich für mich das subj. A. leicht der Beobachtung; dagegen machen sich visuelle Vorstellungsfragmente stärker geltend.[3]

[1] Dieses Mittels hat sich gelegentlich schon Hillebrand bedient. Hillebrand II, S. 104.

[2] Es trifft nicht allgemein zu, wenn O. Zoth bemerkt, daß es außerordentlich schwierig sei, „bei geschlossenen Augen ohne äußeres Fixationsobjekt die erhobene Blickrichtung herzustellen". (Pflügers Arch. Bd. 78, 1899, S. 371). Diese bei geschlossenen Augen normale Blickrichtung ist nur dann schwer herstellbar, wenn durch eine Netzhautreizung, etwa ein Nachbild, eine Blickrichtung nach vorn erzwungen wird.

[3] Bei J. Purkinje findet sich die Bemerkung, daß im wachen Bewußtsein bei Schlafstellung der Augen sich leicht ein „Vergessen alles Sehens" einstellt, was wohl so viel heißen soll, daß auch das subj. A. sich unter diesen Umständen ganz der Beobachtung entzieht. Beobachtungen und Versuche zur Physiol. der Sinne. Bd. 2, Berlin 1825, S. 78.

Ich glaube die Erklärung des Mitgeteilten ist so zu geben. Wir pflegen die Augen meist nur dann zu schließen, wenn wir die Absicht haben einzuschlafen. Mit Lidschluß ist also unter normalen Verhältnissen nicht nur ein allgemeines Abwenden der Aufmerksamkeit von allen Sinneseindrücken, sondern in erster Linie von denen des Gesichts verbunden. Gleichzeitig hiermit tritt die bekannte Schlafstellung der Augen (nach oben und außen) ein.[1] Die Augen sind andererseits in der überwiegenden Zahl aller Fälle geradeaus nach vorn gerichtet, in denen die Aufmerksamkeit dem Gesichtsfeld zugewendet ist. Es wird sich infolgedessen nicht nur eine Assoziation nach der Richtung ausbilden, daß die auf das Gesichtsfeld gerichtete Aufmerksamkeit die Vorwärtsstellung der Augen bewirkt, sondern es wird rückwirkend die Einstellung der Aufmerksamkeit auf das Gesichtsfeld direkt behindert sein, wenn nicht die Augen die Vorwärtsstellung haben. Es ergibt sich als Resultat (das ich durch Beobachtungen anderer bestätigt fand), daß bei der unbefangenen Beobachtung des subj. A. die geschlossenen Augen in der Regel eine nach vorn gerichtete Stellung einnehmen.

Besteht bei geschlossenen Augen die Absicht, einen Punkt dicht vor den Augen zu fixieren, so tritt Konvergenz der Augen ein, wovon man sich durch Berührung beider Augenlider überzeugen kann. Es ist zu vermuten, daß die Aufmerksamkeitseinstellung auf kleinere Entfernungen, die für gewöhnlich mit hohen Graden der Konvergenz verknüpft ist, den bei einigen Vpn beobachteten Erfolg zeitigt, das Feld des subj. A. kleiner erscheinen zu lassen. So ist es zunächst auch nur eine Annahme, die allerdings viel für sich hat, daß das Fortrücken des subj. A. bei Öffnung der Augen im Dunkeln mit dadurch bedingt ist, daß gleichzeitig mit der Einstellung der Aufmerksamkeit auf größere Entfernung die Augen aus der bei geschlossenen Augen vorhandenen Ruhestellung in eine Stellung mit kleinerem Konvergenzwinkel übergehen. Andererseits würde sich die völlig gleiche Lokalisation des subj. A. in dem Falle, wo vor und nach der Öffnung der Augen derselbe Punkt des Gesichtsfeldes mit der Aufmerksamkeit festgehalten wird, durch eine willkürliche Beibehaltung des bei geschlossenen Augen vorhandenen Konvergenzgrades verstehen lassen. Von diesem Standpunkt aus würde auch die

[1] Vgl. F. B. Hofmann. Ergebn. d. Physiol. Bd. 5, 1906, S. 615 ff.

Tatsache verständlich sein, daß die Entfernung, in der das subj. A. erscheint, von Person zu Person wechselt. Daß jedem Individuum ein gewisser Konvergenzgrad der geschlossenen, ihrer Stellung nach nicht willkürlich beeinflußten Augen eigentümlich sei, hat Meyerhausen in der oben (S. 46) zitierten Arbeit als Vermutung ausgesprochen. Es ist nun nicht unwahrscheinlich, daß von dieser Ruhestellung die Entfernung des subj. A. abhängt, so daß dem stärkeren Konvergenzgrad auch die kleinere Entfernung zugeordnet ist. Die kleineren individuellen Unterschiede der Konvergenz, auf deren Ermittlung es hier ankommen würde, lassen sich mit unserer groben Methode nicht nachweisen. Die Selbstbeobachtung gibt uns über die besonderen Einstellungen der Aufmerksamkeit noch etwas nähere Auskunft. Ich kann es als gesicherte Beobachtung bezeichnen, daß ich verschieden eingestellt bin, je nachdem ich im Dunkelzimmer auf das Gesichtsfeld der geöffneten oder das der geschlossenen Augen achte. Letzteren Falles will es mir nicht recht gelingen, die Aufmerksamkeit von den zentralen Teilen des subj. A. fort und dessen peripheren Teilen zuzuwenden. Bei offenen Augen empfinde ich hierbei keine Schwierigkeit. Wir sind wohl nie dem ganzen Gesichtsfeld mit solcher Stärke zugewandt, wie wenn wir im völlig verdunkelten Raume die Augen öffnen und vor uns Lichteindrücke von minimaler Stärke erwarten. Wer unter solchen Umständen im Gesichtsfeld etwas wahrzunehmen wünscht, wird versuchen, seine Aufmerksamkeit auch oder vielleicht sogar vornehmlich auf die peripheren Teile des Gesichtsfeldes zu lenken. Auch macht man sich darauf gefaßt, Veränderungen nicht nur in seiner nächsten Nähe, sondern auch in einer gewissen Entfernung eintreten zu sehen. Es muß unentschieden bleiben, ob bereits diese und ähnliche Einstellungen der Aufmerksamkeit oder erst die Konvergenzänderungen, die sich als ihre Folgen einstellen, als die Ursachen für die von uns beobachteten Änderungen der Erscheinungsweise des subj. A. anzusehen sind. Es ist schwer, eine Erklärung für die Tatsache zu geben, daß bei Öffnung der Augen ein Übergang aus der mehr gewölbten Form der Fläche des subj. A. in die Ebene zu konstatieren ist. Auch die Verdichtung der Farbenmassen des subj. A. bei Konvergenz der Augen müssen wir als eine zunächst nicht weiter erklärbare primitive Erscheinung hinnehmen.

Unsere letzten Ausführungen können wir dahin zusammenfassen, daß die Erscheinungsweise des subj. A. trotz seines endo-

genen Ursprungs sich als von verschiedenen (inneren und äußeren) Einstellungen wesentlich abhängig erweist.

Es liegt nahe, in dem subj. A. die Farbe „primitivster" Erscheinungsweise zu sehen. Im Hinblick hierauf ist es wertvoll, festgestellt zu haben, daß das subj. A. seine Erscheinungsweise von Person zu Person ändert, daß es mannigfachen umformenden Einflüssen unterliegt und daß seine ursprüngliche vor aller Beobachtung liegende Erscheinungsweise sich immer nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit erschließen läßt.

Auch bei Aufhören aller Nachbilder tritt in der Netzhaut niemals eine absolute Ruhe ein. Stets sind dort minimale Erregungen vorhanden, die in erster Linie mit den Ernährungsvorgängen der Netzhaut zusammenhängen mögen, und machen sich im „Eigenlicht" [1] der Netzhaut mehr oder weniger bemerkbar. Ich selbst messe diesen minimalen peripheren Erregungen keine größere Bedeutung für die Änderung der Erscheinungsweise des subj. A. zu, die bei Änderung der Augenstellung eintritt.

Der Versuch mit der Leuchtlinie. Im vollständig verdunkelten Raume halte ich vor die geöffneten Augen einen mit Leuchtfarbe versehenen schwachleuchtenden kurzen Streifen (weiterhin von uns als Leuchtlinie bezeichnet), das eine Mal in einer kleinen Entfernung (etwa 15 cm), das andere Mal in einer größeren Entfernung (etwa 1,5 m). Die Leuchtlinie übt trotz ihrer auch bei der eintretenden Adaptation minimalen Helligkeit einen interessanten umformenden Prozeß auf das Feld des subj. A. aus. Bei der kleinen Entfernung (Fall I) macht sie sich für alle Beobachter als aus dem übrigen Gesichtsfeld hervortretende ziemlich bestimmt lokalisierte Linie bemerkbar. Von der Linie aus, deren nächste Umgebung etwa in der Breite der Linie selbst (infolge des Simultankontrastes) tiefschwarz erscheint, weicht die weitere Umgebung deutlich zurück. Eine ganz andere Umformung beobachten wir bei der größeren Entfernung der Leuchtlinie (Fall II). Sie sitzt dann meist „wie auf einem kleinen Polster", von dem aus sich die Fläche des Augengrau in deutlicher Weise und indem sie sich erweitert, gegen den Beobachter hin erstreckt, so daß der Eindruck erweckt wird, als steckte die Leuchtlinie in einer trichterförmigen Vertiefung. Nur Vp. A gab an, daß bei größerer Entfernung der Leuchtlinie

---

[1] Vgl. Helmholtz II, S. 242.

das sie umgebende Dunkel ungefähr mit ihr in einer Ebene liege, den Eindruck des Hervorspringens bei der Nähe hatte sie aber auch. Die beiden Fälle mögen so, wie sie von der Mehrzahl der Beobachter erlebt werden, durch die beiden folgenden Zeichnungen dargestellt sein. A bedeutet Auge, L Leuchtlinie. Die punktierten Linien bezeichnen die ungefähre Lage der Fläche des subj. A. In peripheren Teilen des Gesichtsfeldes wird dieselbe zu unbestimmt, als daß sie noch angegeben werden könnte.

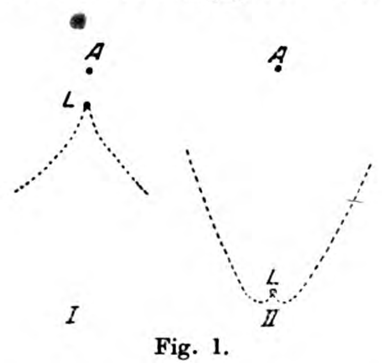


Fig. 1.

Ich bin der Ansicht, daß aus diesen Beobachtungen mit einiger Wahrscheinlichkeit folgt, daß das subj. A. bei unbeeinflußter Stellung der geschlossenen Augen für meine Vpn eine Entfernung besitzt, die z w i s c h e n den beiden Entfernungen der Leuchtlinie liegt. Zwar besitzt die Fläche des subj. A. bei fast allen Vpn eine gewisse Konkavität, doch kommt die normale Ausbuchtung bei weitem nicht an die der hier beobachteten trichterförmigen Vertiefung heran. Daß andererseits die mittleren Flächenteile des subj. A. für gewöhnlich nicht in der Entfernung der Leuchtlinie im Fall I liegen, scheint mir daraus zu folgen, daß in diesem Falle die beobachtete Fläche konvex ist. (Für Vp. G, bei der das unbeeinflußte Augengrau in einer konvexen Fläche lag, ist natürlich eine andere Betrachtung anzustellen.) Bei dieser Ableitung ist vorausgesetzt, daß die einzelnen Teile der Fläche des subj. A. eine Tendenz besitzen, gegenüber der umformenden Wirkung, der sie von seiten eines in bestimmte Entfernung lokalisierten Eindrucks ausgesetzt sind, in ihrer normalen Erscheinungsweise zu verharren, und daß sich eine Konkavität oder Konvexität des Sehfeldes bei Verwendung der Leuchtlinie um so stärker aufdrängen wird, je weiter sich seine neue Flächengestalt von der

normalen entfernt. Der Versuch scheint mir die Möglichkeit zu bieten, auch bei Ungeübteren etwas über die Lage ihres Augengrau auszumachen. Da die relative Lage des Augengrau zu der Leuchtlinie und die daraus resultierende Flächengestaltung des Sehfeldes leichter zu beobachten ist als die Lokalisation und Flächengestalt des Augengrau selbst, haben solche Versuche mindestens einen heuristischen Wert. Von zwei gleich weit entfernten Leuchtlinien erscheint die hellere näher. Bei den soeben mitgeteilten Lokalisationsweisen der Leuchtlinie ist aber eine solche Helligkeitsdifferenz nicht mit im Spiele, da ich in den Versuchen die verschieden weit entfernten Leuchtlinien auf ungefähr gleiche subjektive Helligkeit brachte.

Wir sprachen bis jetzt nicht von der Erscheinungsweise, welche die Farbe der Leuchtlinie besitzt. Wir holen dies hier nach, da ihr Studium den zweiten Zweck des Versuches mit der Leuchtlinie bildet. Wir dürfen die Farbe der Leuchtlinie wohl am ehesten als Flächenfarbe bezeichnen, sie hat aber viel größere Festigkeit[1] als das subj. A. und liegt viel bestimmter in einer Fläche; doch verbietet es sich andererseits, bei ihr von einer ausgeprägten Oberflächenfarbe zu sprechen. Es ist zweckmäßig, sich an diesem Versuch zur Anschauung zu bringen, daß es von den Flächenfarben gewisse Übergänge zu den Oberflächenfarben gibt. Wir betonen, daß nach diesen Beobachtungen eine Farbenfläche als Flächenfarbe erscheinen kann, gleichgültig, ob sie dem Auge näher steht als die das übrige Gesichtsfeld erfüllende Farbe, oder ob sie weiter als diese vom Beobachter entfernt zu sein scheint. Wie es für den Fall steht, daß eine Oberflächenfarbe und nicht wie hier eine den raumhaften Farben verwandte Flächenfarbe das übrige Gesichtsfeld erfüllt, ist hiermit noch nicht entschieden.

So wie von zwei verschieden hellen Leuchtlinien die hellere näher zu liegen scheint, erweckt von zwei gleich hellen Leuchtflächen verschiedener Ausdehnung die von größerer Fläche den Eindruck, dem Beobachter näher zu stehen.

---

[1] Vgl. hierzu die Anm. auf S. 20.

§ 6. Über die Beeinflussung der Lokalisation von Flächenfarben durch Momente ihrer Farbmaterie sowie ihrer Gestaltung.

Gleichförmige Änderung der Helligkeit und Buntfarbigkeit des Gesichtsfeldes bei geschlossenen Augen. Die größere Bestimmtheit der Lokalisation, welche in den vorstehenden Versuchen die Leuchtlinie gegenüber dem subj. A. besaß, verdankte sie natürlich der Wirkung all der Faktoren, die für gewöhnlich die binokulare Lokalisation objektiver Lichtreize beeinflussen. (Es wurde zuweilen monokular beobachtet, was aber keinen wesentlichen Unterschied gegenüber der binokularen Beobachtung bedingte.) Die Untersuchung von Einflüssen dieser Art (Akkommodation, Konvergenz, Disparatheit der Netzhautbilder) auf die Lokalisation von Farbenflächen liegt uns hier durchaus fern. Wir machen es uns zur Aufgabe, nur diejenigen Einflüsse zu ermitteln, die von den Momenten der Farbmaterie (Farbenton, Helligkeit, Sättigung), sowie den extensiven Verhältnissen einer Flächenfarbe (Größe der Flächen) auf ihre Lokalisation ausgehen.

Wir knüpfen zunächst an das obige Verfahren der intensiven Bestrahlung der geschlossenen Augen an (S. 41 f.). Bei direkter Bestrahlung der Augen empfindet man ein prächtiges Orange, das sowohl an Helligkeit wie an Eindringlichkeit das subj. A. außerordentlich übertrifft. Die Buntfärbung rührt von einer Absorption der kurzwelligen Lichtstrahlen durch die mit Blutgefäßen durchsetzten Augenlider her. Unter Verwendung buntfarbiger Gelatineplatten vermag man die Buntfärbung in bescheidenen Grenzen zu beeinflussen. Bestrahlt man die geschlossenen Augen längere Zeit in der angegebenen Weise und verdeckt die Lichtquelle dann plötzlich, so erhält man (infolge des Nachbildes) Farbenempfindungen, die grünlich-blau sind und zugleich beträchtlich dunkler sind als das subj. A. (Die Buntfärbung wird beim Nachbild nicht von allen Vpn wahrgenommen.) Die hellere Farbe sowohl wie die dunklere, die man auf diese Weise erhält, besitzen nicht eine ebenso große Gleichförmigkeit wie das subj. A. Die hellere erscheint eher am Rande dunkler, die dunklere dort eher heller. Nach den Angaben der Beobachter haben beide Farben nicht die große Unbestimmtheit der Lokalisation des

subj. A. Man hat demnach auch bei den Flächenfarben Stufen der Lokalisationsunbestimmtheit zu unterscheiden. Meist rückt die hellere Farbe in eine größere Entfernung als das subj. A. für gewöhnlich besitzt; sie erscheint raumhafter als das subj. A. und bei hoher Intensität der Lichtquelle leuchtend. Was die Wahrnehmung der dunkleren Farbe, die übrigens sehr schnell unmerklich wird, anbetrifft, so betonen verschiedene Beobachter, daß der Raum zwischen ihnen und der Farbe deutlicher als beim subj. A. zum Bewußtsein kommt; die dunklere Farbe selbst, die wie die hellere auch meist in größerer Entfernung als das subj. A. erscheint, ist weniger raumhaft als das subj. A. Es ist zweckmäßig, diese Versuche mit stets gleichgerichteten Augen vorzunehmen, also der Vp. etwa vorzuschreiben, immer ihre Augen auf einen bestimmten vor ihren Augen gelegenen fingierten Punkt zu richten. Anderenfalls kann das in die Augen fallende Licht die Augen zur Einnahme einer von der ursprünglichen Stellung abweichenden veranlassen,[1] und man vermag dann nicht anzugeben, ob die durch das einfallende Licht oder seine Nachwirkung eintretenden Änderungen der Erscheinungsweisen der farbigen Eindrücke nicht durch die Verschiedenheiten der Augenstellungen mitbedingt sind. Aus unseren Versuchen folgt, daß, wenn bei geschlossenen Augen die Beobachtungsbedingungen durchaus gleichbleiben, das Vorhandensein von Netzhauterregungen eine größere Lokalisationsbestimmtheit der dabei zur Beobachtung kommenden den Flächenfarben nahestehenden Farbeneindrücke bewirkt als das subj. A. besitzt.

Für die Verschiedenheit, welche zwischen der Lokalisation des Augengrau und der helleren und dunkleren Farben, die wir oben bei oder nach Bestrahlung der geschlossenen Augen mit Licht erhalten haben, besteht, ist keiner der sonst für die Lokalisation von Farbeneindrücken maßgebenden Faktoren, weder ein „primärer" Faktor noch ein Erfahrungsmotiv in dem herkömmlichen Sinne, verantwortlich zu machen; denn die letzteren kamen

---

[1] Bringe ich meine Augen in Schlafstellung und lasse dann plötzlich Licht durch die geschlossenen Lider einfallen, so macht sich für sie eine Tendenz zur Einstellung nach vorn geltend. Diese Stellungsänderung des geschlossenen Auges erinnert an die Einstellung der Netzhautmitte auf ein seitlich auftauchendes Licht.

von vornherein für keinen unserer Versuche in Betracht, die ersteren (Akkommodation und Konvergenz) wurden in den verschiedenen Fällen ja möglichst gleich gehalten. Man kann zur Erklärung der bestimmteren Lokalisation bei Erregung der Netzhaut den Nachdruck auf den Umstand legen, daß durch die periphere Erregung eine Farbenempfindung ausgelöst wird, welche der des subj. A. an Eindringlichkeit so beträchtlich überlegen ist, wobei man voraussetzen würde, daß der eindringlicheren Empfindung eo ipso stets eine bestimmtere Lokalisation zukommt. Man kann aber auch mehr die Tatsache der Erregung der nervösen Endorgane betonen, indem diese Art der Erregung, die für gewöhnlich nur bei Vorhandensein bestimmt lokalisierter äußerer Reizquellen (Gegenstände u. dgl.) gegeben sei, nun auch bei geschlossenen Augen gewohnheitsmäßig die Vorstellung einer solchen bestimmter lokalisierten Reizquelle erwecke. Eine Entscheidung zwischen diesen beiden Möglichkeiten ist nicht so leicht zu treffen, da sich die beiden Faktoren, „größere Eindringlichkeit" und „periphere Erregung" experimentell nicht trennen lassen. Die unten folgenden Versuche über die Lokalisation von Nachbildern bei geschlossenen Augen lassen die Erklärung durch die größere Eindringlichkeit als die richtige erscheinen.

Betrachtung von Nachbildern bei geschlossenen Augen. Es fehlt nicht an eingehenden Untersuchungen über die Lokalisation negativer Nachbilder bei Projektion derselben auf Flächen von Objekten. Auch hat man bereits ziemlich ausführliche Versuche über die Entfernung der Nachbilder bei geschlossenen Augen angestellt unter spezieller Berücksichtigung der Frage, wie diese Entfernung von den Verhältnissen der das Nachbild auslösenden Vorlage sowie von der Konvergenz der Augen abhängig ist. Es fehlt aber an Beobachtungen, die sich eigens mit der Frage beschäftigen nach der Lokalisation des Nachbildes in Beziehung zu der Unterlage, auf der es bei geschlossenen Augen erscheint. Solange die Projektion des Nachbildes auf eine irgendwie geformte Fläche erfolgt, die mit einer bestimmten Oberflächenfarbe erscheint, ist die Frage nach seiner Lokalisation zur Unterlage leicht zu beantworten. Hält man den Blick nur genügend fest auf einen Punkt der betreffenden Fläche gerichtet, so entwickelt sich das Nachbild selbst mit dem Charakter einer Oberflächenfarbe und liegt in der Ebene des

Körpers, sich ihm in jeder Krümmung anschmiegend.[1] Bei langsam bewegtem Blick huscht das Nachbild als heller oder dunkler Fleck über die Oberfläche des Körpers fort, ähnlich wie ein bewegter objektiver Lichtfleck oder ein Schatten über sie hingleiten würden. Die Untersuchung, wieweit die Lokalisation der Oberflächenfarben, bei denen außerdem stets mit einer Beeinflussung durch Erfahrungsmotive zu rechnen ist, von ihrem Farbenton, ihrer Sättigung und ihrer Helligkeit abhängt, erfolgt erst später. Der Einfluß der angeführten Momente auf die Lokalisation von Farbeneindrücken wird sich nur in einem solchen Falle rein und deutlich zeigen, wo Erfahrungsmotive ausgeschlossen oder wenigstens in geringstem Grade wirksam sind. Von dieser Erwägung ausgehend, stellte ich zwei Gruppen von Versuchen an. Die erste Gruppe umfaßt die Beobachtungen, die man bei Betrachtung der Nachbilder bei geschlossenen Augen erhält. Von den Faktoren, hinsichtlich deren Variation hierbei noch eine Freiheit besteht, variierte ich die räumliche Verteilung der Erregungen auf der Netzhaut sowie die Buntheits- und Helligkeitsdifferenz zwischen Nachbild und Grund, auf dem es erscheint. Die zweite Gruppe umfaßt die Beobachtungen, bei denen eine Projektion der Nachbilder auf eine ausgesprochene Flächenfarbe (Himmelsfläche) stattfindet.

Erste Gruppe von Beobachtungen. Wir haben oben über Versuche mit Erhellung oder Verdunklung des ganzen Gesichtsfeldes berichtet. Die einfachste Änderung, die wir hinsichtlich der räumlichen Verteilung der Erregung auf der Netzhaut gegenüber einer die ganze Netzhaut treffenden Reizung eintreten lassen können, ist wohl die, wo die eine Hälfte der Netzhaut gleichmäßig durch ein bestimmtes Licht, die andere ebenso gleichmäßig durch ein anderes Licht erregt wird. Ich legte zwei große rechteckige verschieden helle oder verschieden bunte Papiere nebeneinander. (Es kamen als Kombinationen vor: Weiß-Schwarz, Weiß-Grau, Schwarz-Grau, Weiß mit 8 und Schwarz mit 8 bunten Farben.) Durch Fixierung der Mitte ihrer Grenzlinie erzeugte ich zwei zu den „Vorbildern“ negative Nachbilder, deren Betrachtung bei geschlossenen Augen stattfand. Beobachter waren die früheren Vpn A, C, E und G, sowie Herr Erbsen (H) und Frl. Heine (J).

[1] Vgl. hierzu auch die Versuche mit Projektion von Nachbildern im § 30.

Resultate. Auf die Frage nach der Lokalisation der beiden verschiedenen Nachbilder ist zu antworten, daß eher starke Tendenzen als nie durchbrochene Gesetze diese Lokalisation regeln. Als allgemeinste Tendenz ist die zu bezeichnen, daß die beiden zur Beobachtung kommenden Nachbilder überhaupt verschieden weit vom Beobachter lokalisiert werden. Obwohl meine auf diesen Punkt bezüglichen Fragen durchaus neutral gehalten waren, bekundeten alle Beobachter, daß fast in keinem Falle sich der positive Eindruck einstellte, die Nachbilder seien in einer Ebene gelagert. Dieser Beobachtung ist schon darum eine gewisse Sicherheit zuzusprechen, weil die beiden Vorbilder stets in einer Ebene lagen und somit bei Wirkung einer gewissen Voreingenommenheit häufig das Urteil hätte gefällt werden sollen, daß auch die Nachbilder so gelagert seien. Will man aber weiter wissen, welches der beiden Nachbilder näher, welches ferner liegt, so bietet sich bei einer ersten Betrachtung der Resultate, die man unter Verwendung der verschiedenen Vorlagen bei demselben Beobachter erhält, keine rechte Regelmäßigkeit dar, wenn man erwartet, daß Helligkeitsdifferenzen oder Unterschiede der farbigen Qualität regelnde Prinzipien bei der Lokalisation der Nachbilder abgeben. Eine gewisse Ordnung kommt in die Resultate schon hinein, wenn man gleichzeitig auf die Beantwortung der von mir an die Vpn gestellten Frage nach der Eindringlichkeit der beiden jeweilig vorhandenen Nachbilder achtet. Bei Vorhandensein zweier beliebiger Nachbilder hat das eindringlichere auch stets die Tendenz, als näheres zu erscheinen.

Diente z. B. als Vorlage ein Tuchschwarz und ein etwa 60 mal so helles Weiß, so erschien das tiefschwarze Nachbild stets als das eindringlichere und nähere. Bei Vorhandensein eines nahezu tonfreien und eines deutlich getönten Nachbildes ist das Zusammentreffen von größerer Eindringlichkeit mit größerer Nähe meist, aber nicht ausnahmslos gegeben. So kann das tonfreie näher liegen, während das buntfarbige als eindringlicher bezeichnet wird.

In der Abhängigkeitsbeziehung, die zwischen der Eindringlichkeit eines Nachbildes und seiner Lokalisation besteht, ist natürlich die Entfernung als die abhängige Größe zu bezeichnen, so wie wir es getan haben. Das äußert sich auch darin, daß, wenn man den Beobachter ganz allgemein nach dem Eindruck des Nachbildes fragt, die Angaben über die Eindringlichkeitsunterschiede spontan, die Angaben über die Entfernungsdifferenzen nicht immer spontan, sondern teils erst auf Befragen erfolgen.

Ich mache hier noch kurz Mitteilung von einer zuweilen beobachteten

recht interessanten Erscheinung. Das eindringlichere Nachbild zeichnet sich nicht nur durch größere Nähe aus, häufig findet sich auch die Angabe, daß das eindringlichere Nachbild den g r ö ß e r e n Teil des Gesichtsfeldes einzunehmen scheint oder sich von der Seite, auf der es sich befindet, über den als Mitte aufgefaßten Teil des Gesichtsfeldes nach der anderen Seite hinbewegt (Vp. H). Augenbewegungen bedingen diese scheinbare Bewegung sehr wahrscheinlich nicht. Wäre die Absicht, das eindringlichere Nachbild schärfer zu erfassen, von Augenbewegungen begleitet, so könnten dieselben — ähnlich wie man es bei der Betrachtung von Nachbildern, die auf mehr peripheren Teilen der Netzhaut liegen, beobachten kann — nur eine Bewegung des Nachbildes in die der hier beobachteten Richtung entgegengesetzten zur Folge haben. Unwillkürliche Bewegungen der Augen nach der Seite des weniger eindringlichen Nachbildes sind aber noch weniger zu erwarten. Da stets auf strenge Fixation der die beiden Vorbilder trennenden Grenzlinie gehalten wurde, somit die Netzhaut zu gleichen links und rechts von dem durch den Fixierpunkt gehenden Meridian gelegenen Teilen erregt wurde, da ferner die Verschiebung der Farben im Gesichtsfeld auch bei dem Wechsel der Raumlage bestehen blieb, durch welchen einer etwa vorhandenen einseitigen Bevorzugung des einen Teiles des Gesichtsfeldes durch die Aufmerksamkeit begegnet werden sollte, so ist wohl der Schluß zwingend, daß in den angeführten Fällen nur infolge der verschiedenen Eindringlichkeit der Eindruck einer Verschiebung der Farbenmassen im Gesichtsfeld oder zweier verschieden großer Farbenfelder eingetreten ist.

Es wäre natürlich wünschenswert, eine Entscheidung darüber zu treffen, ob die in den vorstehenden Versuchen ermittelte Abhängigkeitsbeziehung zwischen Eindringlichkeit und Entfernung einer Farbe bedingt ist durch individuelle Erfahrungen über das Verhältnis von Eindringlichkeit und Entfernung eines Lichteindrucks, wie wir sie im Leben erwerben könnten, oder ob es sich bei ihr um eine ganz ursprüngliche Verknüpfung handelt, die beispielsweise bereits im Bewußtsein des nach dieser Beziehung erfahrungslosen Kindes vorhanden ist. Das eine ist fast fraglos, daß bei der Beurteilung der Entfernungen zuweilen Erfahrungseinflüsse hineinspielen; darauf deutet vor allem der Umstand hin, daß in gewissen Fällen, wo das eine Nachbild als das nähere bezeichnet wird, es (wie sich aus den Angaben der Beobachter entnehmen läßt) nachträglich willkürlich vermittels reproduzierter Vorstellungen als das entferntere aufgefaßt werden kann. Wenn diese Umdeutung unter der Heranziehung gewisser Erfahrungseinflüsse vor sich geht, so sind solche wohl auch bei der ursprünglichen Auffassung nicht als völlig ausgeschlossen zu betrachten. Ich zögere aber, alle beobachteten Verschiedenheiten der Lokalisation auf Erfahrungseinflüsse zurückzuführen. Man braucht nur die

Erfahrungen des farbigen Sehens zu überdenken, deren Niederschlag wir hier als wirksam annehmen könnten. Verständlich würde es nach diesen sein, wenn die helleren Nachbilder in der überwiegenden Zahl aller Fälle näher lägen. Denn bei künstlicher Beleuchtung (z. B. in Zimmern) besitzen dieselben Gegenstände in größerer Nähe der Lichtquelle und darum auch meist in größerer Nähe von uns selbst größere Helligkeit; Gegenstände im Freien erscheinen bei größerer Nähe und gleichen Kontrastverhältnissen auch eher etwas heller, ganz sicher aber nicht dunkler (Absorption des Lichts durch die Luftmassen). Dagegen kam es nun bei unseren Versuchen häufiger vor, daß das dunklere Nachbild näher zu liegen schien. In fast allen Fällen, wo im Vorbild Weiß mit anderen Farben (schwarzen oder bunten) kombiniert wurde, lag das auftretende schwarze Nachbild näher als die helleren (tonfreien oder bunten). Auch die Tatsache, daß die beiden verschiedenen Nachbilder eine so ausgesprochene Tendenz haben, nicht oder nie positiv in derselben Ebene zu erscheinen, spricht stark für eine ursprüngliche, nicht durch individuelle Erfahrungen des Lebens bedingte Verknüpfung verschieden eindringlicher Farbeneindrücke mit verschiedenen Tiefenwerten; denn nach unserer Erfahrung kann es doch auch vorkommen, daß Farben extremster Helligkeitswerte in derselben Ebene eines Körpers liegen. Eine sichere Entscheidung darüber, wieweit „ursprüngliche Verknüpfung", wieweit „individuelle Erfahrung" hier im Spiele ist, läßt sich nicht geben; sie ließe sich eventuell durch Versuche mit operierten Blindgeborenen herbeiführen. Irgendwelche Daten, die man aus den bis jetzt mitgeteilten Fällen von operierten Blindgeborenen zur Entscheidung heranziehen könnte, habe ich nicht gefunden. Man sieht leicht ein, daß unter der Voraussetzung der „ursprünglichen Verknüpfung" sich das Problem ergeben würde, wie es kommt, daß wir trotz derselben in unzähligen Fällen verschieden eindringliche Farben in einer Ebene liegen sehen.

Geformte Flächenfarben. Es war von Interesse, in Erfahrung zu bringen, wie der Umstand, daß zwei Nacherregungen der Netzhaut eine verschiedene Ausdehnung besitzen (gegenüber der gleichen Ausdehnung in den bisherigen Versuchen), die Lokalisation der Flächenfarben beeinflussen würde. In den folgenden Versuchen wird also eine kleinere zirkumskripte Stelle der Netz-

haut im Vorbild wie im Nachbild in einer von dem übrigen Gesichtsfeld abweichenden Weise erregt, was die Einführung eines Größenelementes bedeutet. Auf verschieden helle tonfreie Kartons klebte ich runde tonfreie oder buntfarbige Papierstücke auf, durch deren Betrachtung die Nachbilder erzeugt werden sollten. Ich erzielte auf diese Weise nahezu tonfreie und deutlich getönte Nachbilder auf nahezu tonfreiem, hellerem oder dunklerem Hintergrund, so daß alle wichtigeren Fälle der Verschiedenheit nach Farbe und Helligkeit zwischen Nachbild und Grund zur Beobachtung kamen.[1] Meist klebte ich statt eines zwei (gleichfarbige) runde Papierstücke mit kleinem gegenseitigen Abstand auf einen Karton, weil ich fand, daß zwei nebeneinander liegende Nachbilder besonders bei weniger geübten Vpn leichter bemerkt werden als nur eins. In diesen Fällen wurde zur Erzeugung der Nachbilder die Mitte zwischen den beiden Kreisflächen fixiert. Für die nachstehend mitgeteiten Lokalisationsverhältnisse erwies es sich als belanglos, ob mit einer oder mit zwei Kreisflächen gearbeitet wurde. Die Kreisflächen hatten einen Durchmesser von etwa 2,5 cm und wurden aus einer der Vp. bequemen Entfernung betrachtet. Von dieser Entfernung erwiesen sich die untersuchten Lokalisationsverhältnisse unabhängig. Auch ist es für die hier untersuchten Lokalisationsverhältnisse gleichgültig, ob die Nachbilder monokular oder binokular erzeugt werden.

Die Beobachtung der negativen Nachbilder[2] bei geschlossenen Augen ergibt für alle Vpn sowie für alle zur Beobachtung gekommenen Fälle den Satz, daß die Nachbilder bei unbefangener Hingabe an den unmittelbaren Eindruck fast stets deutlich in eine andere Entfernung lokalisiert werden als der Hintergrund. Die Angaben über die Entfernungsverhältnisse erfolgten mit einer solchen Bestimmtheit und allgemeinen Übereinstimmung, wie man sie bei einer Beeinflussung des Urteils durch irgendeine vorgefaßte Meinung nicht hätte erwarten dürfen, zumal auch hier

---

[1] Die Vorlagen waren so gewählt, daß zwischen Nachbild und Grund ein deutlicher Unterschied entweder des Farbentones oder der Helligkeit oder beider Momente bestand. Bei kleineren Differenzen dieser Art sind die zu schildernden Erscheinungen nicht leicht wahrzunehmen.

[2] Unter Nachbild schlechthin will ich im folgenden das Nachbild der zirkumskript erregten Netzhautstelle verstehen im Gegensatz zu dem Nachbild, das von deren Umgebung ausgeht und das ich als Hintergrund oder Grund bezeichnen werde.

nur die Erwartung verständlich erscheinen würde, die Nachbilder der Kreisflächen in derselben Lage zum Hintergrund zu erblicken wie in der Vorlage, d. h. also in der Ebene des Hintergrundes. Statt dessen tritt nun eine Lokalisation der Nachbilder vor und hinter den Grund ein. Auch hinsichtlich der Frage, unter welchen Umständen ein Nachbild vor oder hinter dem Grund (letzterenfalles könnte sinngemäß von einem Vordergrund die Rede sein) zu liegen scheint, lassen sich aus den zahlreichen Beobachtungen bestimmte Tendenzen ableiten. (Von dem vorhandenen Konvergenzgrad der geschlossenen Augen erweisen sich die Lageverhältnisse unabhängig.) 1. Das hellere tonfreie oder getönte Nachbild liegt stets vor dem tonfreien dunkleren Hintergrund. 2. Das deutlich getönte Nachbild liegt stets vor dem tonfreien Hintergrund, sofern nur letzterer das Nachbild nicht zu sehr an Helligkeit übertrifft. 3. Ist das tonfreie oder getönte Nachbild beträchtlich dunkler als der tonfreie Grund, so tritt in den meisten Fällen unmittelbar der Eindruck ein, als läge dasselbe in größerer Entfernung als der Grund. Die Beobachter glauben dann ein Loch oder zwei Löcher (je nach der Art der Vorlage) in dem Grund wahrzunehmen, durch die sie auf eine oder zwei dunkle Scheiben blicken. Die Vp. kann aber in diesem Falle auch mit einer gewissen Willkür die Auffassung eintreten lassen, als lägen die dunklen Nachbilder vor dem helleren Grund. Spontan tritt der letztere Eindruck selten ein.

Die hier mitgeteilten Lokalisationsverhältnisse der Nachbilder sind während der Entwicklung der Nachbilder, oder wenn sie ihre maximale Stärke erreicht haben, vor allem deutlich. Ich glaube das Ergebnis dieser Nachbildbeobachtungen in folgender allgemeiner Form wiedergeben zu können: Bei Fortfall der die Lokalisation von Farbenflächen für gewöhnlich bestimmenden primären Einflüsse (Akkommodation, Konvergenz, Disparatheit der Netzhautbilder[1]), sowie der im herkömmlichen Sinne „empirischen“[2] Motive geht mit verschiedenen Erregungen zirkumskript erregter Netzhautstellen eine verschiedene Lokalisation

---

[1] Die von uns beobachteten Lokalisationsweisen bestanden ja auch bei monokularen Nachbildern. Ob eine Verschiedenheit in der Orientierung der Vorlage, durch deren Betrachtung das Nachbild erzeugt wird, einen Einfluß auf die Lokalisation des Nachbildes ausübt, habe ich nicht untersucht.

[2] Vgl. z. B. Fr. Hillebrand. Die Stabilität der Raumwerte auf der Netzhaut. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 5, 1893, S. 5.

der durch diese ausgelösten verschiedenen Farbenempfindungen einher. Diejenigen Farbenempfindungen, welche sich durch größere Helligkeit von dem dunkleren oder durch ausgeprägte Buntfarbigkeit (ohne dabei beträchtlich dunkler als der Grund zu sein) von dem übrigen tonfreien Gesichtsfeld unterscheiden, erfahren eine Lokalisation in größere Nähe als das übrige Gesichtsfeld. Diejenigen, welche dem übrigen Gesichtsfeld an Helligkeit beträchtlich nachstehen, erfahren in den meisten Fällen eine Lokalisation in größere Entfernung als das übrige Gesichtsfeld. Doch tritt zuweilen auch bei ihnen eine Lokalisation in kleinere Entfernung ein.

Projektion eines Nachbildes auf eine Oberflächenfarbe läßt das Nachbild selbst den Charakter einer Oberflächenfarbe annehmen.[1] Welche Erscheinungsweise verraten die Nachbilder bei unseren Versuchen mit geschlossenen Augen? Es geht aus den Aussagen der Beobachter hervor, daß sie als Flächenfarben erscheinen. Nicht als ob zwischen der Erscheinungsweise der Nachbilder verschiedenartig erregter Netzhautteile keine feineren Unterschiede beständen. So besitzen, wenn wir uns nur auf die letzten Versuche mit kreisförmigen Nachbildern beziehen, diejenigen Nachbilder, welche näher als der Grund erscheinen, eine etwas festere Struktur[2] als der Grund. Andererseits erscheint der Grund, wenn er vor dem Nachbild liegt, wenigstens in seinen mit der Aufmerksamkeit erfaßten mittleren Teilen von größerer Festigkeit als das dahinter liegende Nachbild. Aber auch in diesen Fällen ist nie die Auffassung des Nachbildes oder des Grundes als Oberflächenfarbe möglich; die Beobachtungen ergeben also wie ähnliche frühere die Tatsache, daß die Lockerheit[2] der Flächenfarben verschiedene Grade besitzen kann. Man könnte angesichts des Umstandes, daß manche Forscher über die Entfernungen ihrer Nachbilder ziemlich bestimmte Angaben gemacht haben (so finden sich beispielsweise bei Meyerhausen in der auf S. 46 zitierten Arbeit, Tab. 5, numerische Schätzungen der Entfernung von Nachbildern), Einwände dagegen erheben, daß wir sie wegen ihrer Auffassung als Flächenfarben auch als „unbestimmt lokalisiert" ansehen. Demgegenüber muß ich an der tatsächlichen Unbestimmtheit der Lokali-

[1] Vgl. die Anm. auf S. 57.
[2] Vgl. die Anm. auf S. 20.

sation der Nachbilder bei mir und meinen Vpn festhalten.[1] Wohl gibt es auch für uns ein „Näher“ und „Entfernter“ der verschiedenen Nachbilder. Aber davon kann gar keine Rede sein, daß die Nachbilder für uns so bestimmt lokalisiert seien wie etwa die meisten Oberflächenfarben. Ich weiß nicht, inwieweit andere Beobachter das letztere von ihren Nachbildern behaupten wollen. Ich würde in diesem Falle an die Betreffenden die Frage richten, wie ihnen die im Okularrohr eines Spektralfarbenapparates auftretende Farbe oder die Farbe des Himmels erscheint, ob bestimmt oder unbestimmt lokalisiert. Ich glaube, daß sie so wie diesen Farben auch den negativen Nachbildern bei geschlossenen Augen einen geringeren Grad der Lokalisationsbestimmtheit als den Oberflächenfarben zuerkennen würden. (Die Beobachter von ZEHENDERS[2] betonten die Schwierigkeit einer genauen Entfernungsangabe ihrer Nachbilder.) Man kann die verschiedenen Grade der Lokalisationsbestimmtheit nicht für so unwesentlich ansehen, daß ihre Vernachlässigung bei der Beschreibung der Farbenphänomene statthaft wäre. Daß große individuelle Verschiedenheiten bei allen subjektiven Phänomenen zu berücksichtigen sind, soll allerdings ohne weiteres zugestanden werden.[3] Legen wir hier unsere eigenen Beobachtungen zugrunde, so ist jedenfalls die daraus folgende Tatsache von Interesse, daß trotz der Unbestimmtheit, mit der sowohl die Nachbilder als der Grund lokalisiert werden, doch eine gewisse Lage der beiden zueinander mit einer solchen Deutlichkeit in die Erscheinung tritt, daß sich ein durchaus sicheres Urteil darüber fällen läßt. Daraus ergibt sich der Satz: Flächenfarben, d. h. Farbeneindrücke von an sich unbestimmter Lokalisation, können doch eine verhältnismäßig bestimmte Lokalisation zueinander erfahren.

Diesem Satz kann natürlich der nicht zustimmen, der die Tatsächlichkeit der unbestimmten Lokalisation in dem von mir näher ange-

[1] Vgl. die Anm. auf S. 45.

[2] Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 19. Jahrg. 1881, S. 452 f.

[3] Wenn ein so ausgezeichneter Beobachter wie HERING angibt, daß sich für ihn ein doppeläugiges auf identischen Stellen liegendes Nachbild nicht in seiner scheinbaren Größe änderte, wenn er den Konvergenzgrad der geschlossenen Augen variierte (HERING I, S. 138), eine Erscheinung, die für andere Beobachter mit Deutlichkeit vorhanden ist, so erkennt man daran am besten, mit wie großen individuellen Verschiedenheiten bei Nachbildbeobachtungen zu rechnen ist.

gebenen Sinne überhaupt bestreitet. Und in der prinzipiellen Bestreitung der Möglichkeit einer „relativen" Lokalisation bei mangelnder Bestimmtheit der „absoluten" sind ARRER und HILLEBRAND einig. Ich wende mich auf Grund meiner Beobachtungen nur gegen diese prinzipielle Bestreitung. Es bleibt nichts anderes übrig, als wie bei der „unbestimmten Lokalisation" überhaupt, so auch hier bei einem etwaigen Einspruch an die letzte entscheidende Instanz, den unmittelbaren Sinneseindruck, zu appellieren.

Ich habe nie eine unbestimmte Lokalisation einer Farbenfläche beobachtet, wenn ihr Träger ein Gegenstand war oder als solcher aufgefaßt wurde. Letzteres scheint eine notwendige Bedingung für den Eintritt der bestimmten Lokalisation zu sein. Vermutlich wirkt dahin die allgemeine Erfahrung, daß jedem Gegenstand in einem bestimmten Augenblick eine bestimmte Stelle im objektiven Raume zuzuschreiben ist. Demgegenüber erfahren alle Farbeneindrücke, bei denen dieses Bewußtsein fehlt oder zurückgedrängt ist, und zu ihnen gehören auch in großer Zahl subjektive Phänomene des Gesichtssinnes, eine unbestimmte Lokalisation. Es ist sehr wohl möglich, daß eine unbestimmte Lokalisation in unserem Sinne von HILLEBRAND auf Grund seiner Versuche bestritten worden ist, weil er dabei (ausdehnungslose) L i n i e n lokalisieren ließ; scharfe Linien verweisen stets in einer unmittelbareren Weise auf Gegenstände als unscharf begrenzte farbige Flächen.

Von welchem Einfluß auf die Lokalisation ist bei unseren Versuchen der Umstand, daß die Nachbilder nicht nur in annähernd gleicher Weise nach Farbe und Helligkeit vom Grunde differieren wie bei den obigen Versuchen (S. 57 ff.) die beiden Hälften des Sehfeldes voneinander abwichen, sondern daß sie auch die kreisförmige Gestalt besitzen? Daß ein solcher Einfluß überhaupt vorhanden ist, ist sicher. Denn unsere letzten Ergebnisse ordnen sich offenbar nicht dem für die früheren geltenden Satze unter, daß das eindringlichere Nachbild in der Mehrzahl der Fälle näher lokalisiert wird. Wenn wir in den obigen Versuchen den Einfluß bestimmter aus der Erfahrung gewonnener Vorstellungen bei der Lokalisation der Nachbilder in gewissen Fällen für nicht ganz ausgeschlossen hielten, so dürfte hier fast in jedem Falle ein solcher Einfluß vorhanden gewesen sein. Die kreisförmige Form konnte leicht, wie auch aus gewissen Aussagen der Beobachter folgt, Vorstellungen von geformten Gegenständen, etwa runden Scheiben, im Bewußtsein erwecken. In gewissen Fällen tritt die Auffassung des Grundes als eine durchlochte Fläche ein, durch deren Löcher man auf dunkle Scheiben zu blicken glaubt, wie aus den oben mitgeteilten Beobachtungen hervorgeht. Auf das Hineinspielen gewisser aus der Erfahrung gewonnener Vorstellungen deutet auch die Leichtigkeit hin, mit der eine U m d e u t u n g der Ent-

fernungen im Nachbild vor sich geht. So ist die Auffassung als durchlochte Fläche schnell willkürlich ersetzt durch die Auffassung eines Vorgelagertseins der Kreisflächen vor dem Hintergrund. Auch der folgende Versuch zeigt, wie die Erweckung des deutlichen Eindrucks einer bestimmten Form Lokalisationsmotive, die sonst von Momenten der Farbmaterie ausgehen, zurückdrängen kann. Ich klebe auf einen mittelgrauen Hintergrund [1] eine aus zwei weißen und zwei schwarzen Quadranten bestehende Kreisfläche (s. Fig. 2). Als negatives Nachbild zeigt

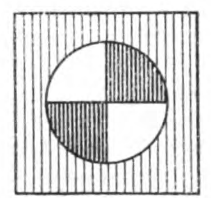


Fig. 2.

sich nun eine Kreisfläche mit entsprechend verschieden gefärbten Quadranten, die aber als Ganzes vor einem grauen Hintergrund liegt. Das Bewußtsein von der Zusammengehörigkeit der Quadranten läßt es also zur Überwindung des Eindrucks einer Entfernungsdifferenz kommen, den nach unseren früheren Versuchen die verschieden hellen Quadrantennachbilder zu erwecken streben. Man kann den Versuch mit beliebig anders gefärbten Quadranten — stets mit demselben Effekt — wiederholen. Wenn hierbei die Kreisfläche immer als vor dem Hintergrund liegend aufgefaßt wird, so ist dies wohl bedingt durch die höhere Eindringlichkeit, die sie infolge ihrer Zusammensetzung aus den 4 Quadranten besitzt.

Bestimmte beim Vorbild vorhandene räumliche Anordnungen, von denen man am ehesten erwarten sollte, daß sie die Lokalisation durch eine erfolgende Reproduktion mitbestimmen, sind als einflußlos für die Lokalisation nachweisbar. Ich gebe als Beweis hierfür folgende zwei Beobachtungen. Durch das runde Loch eines weißen Schirmes blickt der Beobachter auf eine dahinter befindliche schwarze Fläche. Das Nachbild dieser Anordnung ergibt wieder eine weiße kreisförmige Fläche vor einem dunkleren Hintergrund. Der Umstand, daß die das Nachbild auslösende Fläche hinter dem Grund lag, hat also offenbar gar keinen Einfluß auf die Lokalisation des

[1] Er ist im Verhältnis zu der Kreisfläche beträchtlich größer als in der Figur angegeben ist.

Nachbildes gewonnen. Über die Lage eines dunklen Nachbildes auf hellem Grunde fällen die Beobachter dasselbe Urteil, mag es nun in der früheren Weise erzeugt sein, oder mag es seinen Ursprung einer Anordnung verdanken, bei der eine weiße kreisförmige Fläche einer schwarzen vorgelagert ist.

Es würde heißen, eine Nebenaufgabe zur Hauptaufgabe machen, wollte ich hier der Frage nachgehen, welche Vorstellungen die Nachbildlokalisation bei geschlossenen Augen und in welcher Weise sie diese mitbestimmen. Läge diese an sich dankenswerte Untersuchung in meiner Absicht, so müßte ich an eine planmäßige Variation der Nachbildform herangehen. Es war aber nur mein Wunsch zu zeigen, welche Faktoren auf die Lokalisation von Flächenfarben im allgemeinen Einfluß gewinnen können; daß das Größenelement des Nachbildes mit unter diese Faktoren zu rechnen ist, läßt sich nach unseren Versuchen nicht mehr bezweifeln. Als nächstes Ziel der Untersuchung steckte ich mir die Projektion eines Nachbildes auf eine Flächenfarbe bei geöffneten Augen. Als Flächenfarbe mag uns die Farbe des blauen Himmels dienen.

Zweite Gruppe von Beobachtungen. Projektion kreisförmiger Nachbilder auf die Himmelsfläche. Die Farbe des blauen oder gleichmäßig leicht bewölkten Himmels besitzt nicht in allen Höhen genau gleiche Erscheinungsweise. Die Lockerheit seiner Flächenfarbe nimmt im allgemeinen vom Horizont nach dem Zenith zu, wo sie der Raumhaftigkeit nähersteht.[1] Zur Projektion der Nachbilder wählte ich eine Gegend der Himmelsfläche in mittlerer Höhe zwischen Horizont und Zenith. Es wurden eingehendere Beobachtungen nur mit Nachbildern angestellt, die durch Betrachtung einer weißen Kreisfläche auf schwarzer Unterlage, einer schwarzen

---

[1] Diese Verschiedenheit, die auch in Beziehung zur scheinbaren Form des Himmels zu stehen scheint, ist merkwürdigerweise fast allen Forschern entgangen, die sich bei der Untersuchung der scheinbaren Größe der Gestirne am Horizont und am Zenith mit der Form des Himmels befaßt haben. CLAPARÈDE scheint der erste zu sein, der auf sie aufmerksam geworden ist. Ich lasse seine Beschreibung hier folgen: „A l'horizon, le ciel me fait l'effet d'une paroi ou d'un rideau vertical ... Au zénith, le ciel ne me donne guère une impression de forme, mais évoque surtout un sentiment de profondeur; il a bien plutôt l'aspect d'une substance gélatineuse, vitreuse ou ouateuse." ED. CLAPARÈDE. L'agrandissement et la proximité apparents de la lune à l'horizon. Archives de psychologie Bd. 5, 1906, S. 128.

auf weißer Unterlage erzeugt waren. Trotz der großen Eigenhelligkeit des Himmels erschienen die Nachbilder mit genügend großer Deutlichkeit. Das hellere Nachbild liegt für alle Vpn stets vor der übrigen Himmelsfläche; das dunklere Nachbild liegt in den meisten Fällen vor der Himmelsfläche (Beobachter A, C, E, G, H), für Vp. J liegt es stets hinter ihr, wobei sie durch ein Loch der Himmelsfläche zu blicken glaubt (vgl. S. 62). Für mich selbst ist das Vorgelagertsein des Nachbildes als unmittelbarer Eindruck vorhanden. Doch kann ich auch die Auffassung von J willkürlich eintreten lassen. Die hier gefundenen Ergebnisse entsprechen bis zu einem gewissen Grade den Befunden bei geschlossenen Augen. Mir scheint damit bestätigt zu sein, daß den Farben des Gesichtsfeldes bei geschlossenen Augen im wesentlichen dieselbe Erscheinungsweise zuzusprechen ist wie der der Himmelsfläche bei unmittelbarer Betrachtung, d. i. der Charakter der Flächenfarbe. Stünden die Farben, die bei geschlossenen Augen vorhanden sind, den Oberflächenfarben wesentlich näher, so wären bei ihnen andere Lokalisationsweisen der Nachbilder zu erwarten. Unter diesen Umständen ist auch die Annahme statthaft, daß die Lokalisationsweisen bei Projektion der Nachbilder auf die Himmelsfläche auf gleiche Weise zu erklären sind wie die, welche bei geschlossenen Augen beobachtet werden. Unser Satz, daß zwei unbestimmt lokalisierte Flächenfarben doch eine relativ bestimmte Lokalisation zueinander erfahren können, erhält durch die letzten Beobachtungen eine Bestätigung. Da bei diesen Versuchen die beiden in Betracht kommenden Flächenfarben in viel größere Entfernung als bei den Versuchen mit geschlossenen Augen lokalisiert werden, so folgt aus ihnen auch die Unabhängigkeit unseres obigen Satzes von der vermeintlichen Entfernung der beiden Flächenfarben.

Mit unseren Ergebnissen bei Projektion des hellen Nachbildes auf die Himmelsfläche vergleiche man die auf Grund einer Enquête gemachte Mitteilung ZOTHS [1], daß der Mond vor der Himmelsfläche, nicht an ihr zu liegen scheint. Bekanntlich erscheinen auch die Sterne in dieser Lage. Dagegen scheint mir die Sonne bei gleichmäßig bewölktem Himmel, sofern sie noch sichtbar ist, hinter den Wolken zu stehen.[2] Die hier herangezogenen Beobachtungen an Gestirnen sind allerdings mit unseren eigenen

[1] a. a. O. S. 391.

[2] Dies ist sicher dadurch bedingt, daß ich auf Grund meiner Erfahrung weiß, daß die Sonne hinter den Wolken steht.

nicht in allen Stücken vergleichbar. Denn unseren Nachbildern mangelt es, auch wenn sie heller als der Grund sind, auf dem sie erscheinen, an dem Charakter des Leuchtens, den die Gestirne besitzen.

Bekannt ist HERINGS [1] Versuch der Projektion des Nachbildes der Sonne auf den Horizont und das Zenith. Bei unseren Versuchen der Projektion der Nachbilder auf die Himmelsfläche war die Vergrößerung des Nachbildes am Horizont auch deutlich zu beobachten. Dabei war es gleichgültig, ob das Nachbild den Grund an Helligkeit übertraf oder ihm darin unterlegen war. Die scheinbare Größe, in der sich ein auf eine Flächenfarbe projiziertes Nachbild darbietet, gibt uns ein Mittel an die Hand, annäherungsweise die Entfernungen zu bestimmen, in der verschiedene unbestimmt lokalisierte Flächenfarben erscheinen.

Eine ähnliche Wirkung wie in den vorstehenden Versuchen scheint die Eindringlichkeit von (Oberflächen-)Farben auf die Art ihrer Lokalisation in Versuchen ausgeübt zu haben, wie sie von FRÖBES [2], JACOBSOHN [3] und HEINE [4] angestellt worden sind, indem im allgemeinen von zwei Farben diejenige größerer Eindringlichkeit die Tendenz hatte, gegenüber der anderen hervorzutreten. Wenn diese Tendenz bei unseren Nachbildversuchen prägnanter zum Ausdruck kommt als bei den Versuchen von FRÖBES, JACOBSOHN und HEINE, wo die betreffenden Beobachtungen nur gelegentlich gemacht wurden, so ist dies dem Umstand zuzuschreiben, daß bei Versuchen der letzteren Art alle bei uns ausgeschlossenen Lokalisationsmotive den Beobachter leicht über die wahre Lage der Farbenflächen belehren konnten. — Um eine gewisse Vollständigkeit zu erzielen, wollen wir schließlich den Einfluß der Eindringlichkeit auf die Lokalisation auch noch bei den gesättigten bunten Farben kurz besprechen.

Von den vorspringenden und zurücktretenden Farben.[5] Wenn sich die Chromasie des menschlichen Auges im allgemeinen nicht bemerkbar macht, so ist dies wohl in erster Linie durch bestimmte kompensierende Momente (physiologischer Natur?) bedingt.[6] Sie macht sich nur unter ganz bestimmten Bedingungen geltend. Auch die Tatsache der vorspringenden und zurücktretenden Farben führt man bekannt-

[1] Vgl. HERING I, S. 136 f.

[2] J. FRÖBES. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 36, 1904.

[3] S. JACOBSOHN. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 43, 1. Abt. 1906, S. 38.

[4] R. HEINE. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 54, 1. Abt. 1910, S. 66.

[5] Vgl. hierzu JAENSCH II, S. 9. Um Wiederholungen zu vermeiden, behandeln wir an dieser Stelle auch die vorspringenden und zurücktretenden Oberflächenfarben.

[6] Im allgemeinen dachte man früher an eine Kompensierung durch die Makulapigmentierung. Diese Pigmentierung hat A. GULLSTRAND durch seine bekannten Untersuchungen für das lebende Auge in Frage gestellt. Arch. f. Ophthalm. Bd. 62, 1905.

lich auf sie zurück.[1] Auf Grund von Beobachtungen an bunten gesättigten Farben gewann ich die Überzeugung, daß die „physikalische“ Erklärung der Tatsache der vorspringenden und zurücktretenden Farben noch einer gewissen Ergänzung nach der psychologischen Seite bedürfe. Da ich glaube, daß bei ihr (affektive) Momente der Farbmaterie mit im Spiele sind, halte ich es für angebracht, an dieser Stelle kurz auf sie einzugehen. Der verschiedene Gefühlswert der bunten Farben, der in Rot und Blau seine größten Gegensätze erfährt, ist stets anerkannt worden und ist bekanntlich in GOETHES Farbenlehre mit ihrer Unterscheidung der aktiven und passiven Farben von einiger Bedeutung. Das (Gelb-)Rot scheint sich „ins Organ zu bohren“. Dagegen: „Wie wir einen angenehmen Gegenstand, der vor uns flieht, gern verfolgen, so sehen wir das Blaue gern an, nicht weil es auf uns eindringt, sondern weil es uns nach sich zieht.“ [2] Der Unterschied in der Aufdringlichkeit des Rot und des Blau, wenn sie beide in hoher Sättigung dargeboten werden, kann keinem Beobachter entgehen und ist in dieser oder jener Form von den Forschern betont worden, die sich mit der ästhetischen Wirkungsweise der Farben beschäftigt haben.[3] In diesem Eindringlichkeitsunterschied ist es m. E. begründet, daß rote Flächen auch bei Fortfall der ihr Nähererscheinen für gewöhnlich bedingenden Abbildungsverhältnisse dem Beobachter näher zu stehen scheinen als blaue. Wir glauben durch die folgenden Versuche den Beweis hierfür erbringen zu können. (Von der Verwendung von Gelb und Grün, ersteres dem Rot, letzteres dem Blau ihrem Gefühlston nach näherstehend, sehen wir hier ab.)

In ein Brettchen, das ich mit schwarzgrauem Papier überzogen habe, schlage ich eine Reihe breitköpfiger Nägel so ein, daß sie gleich weit aus dem Brettchen hervorsehen. Auf diese Nägel klebe ich abwechselnd rote und blaue quadratische Papiere hoher Sättigung, so daß zwischen ihnen ein Abstand von etwa 3 mm verbleibt. Betrachte ich diese Papiere binokular aus einer Entfernung von etwa 80 cm, so stehen die roten in ganz über-

[1] HELMHOLTZ II, S. 156 ff. E. BRÜCKE, Sitz.-Ber. der kaiserl. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. 58, Abt. 2, 1868. S. 321 ff. sowie die Physiologie der Farben für die Zwecke des Kunstgewerbes. Leipzig 1887. S. 173 ff.

[2] Farbenlehre. 6. Abt. Sinnlich-sittliche Wirkung der Farben.

[3] Vgl. z. B. G. TH. FECHNER. Vorschule der Ästhetik. Leipzig 1876. 2. Teil, S. 219.

raschendem Maße (schätzungsweise ½—1 cm) vor den blauen. Bei monokularer Betrachtung ist die Täuschung weniger stark.[1] Die Stärke der Täuschung ändert sich bei monokularer Betrachtung, wenn man die Versuchsanordnung dahin ändert, daß die Farben einen wesentlich anderen Eindruck machen, ohne daß die Abbildungsverhältnisse im Auge dabei irgendwie berührt werden. So springt das Rot bei monokularer Betrachtung und Helladaptation kaum noch hervor, wenn man durch einen Episkotister die Wirkung beider Farben auf das Auge beträchtlich herabsetzt. Durch diese Herabsetzung der Lichtstärke erleidet das Rot eine stärkere Einbuße an seiner Eindringlichkeit als das Blau, wie die Beobachtung ergibt. Betrachtet man die Farben bei herabgesetzter Beleuchtungsintensität und dunkeladaptiertem Auge, so daß sich das PURKINJEsche Phänomen bereits in einer Sättigungseinbuße des Rot geltend macht, so erscheinen die blauen Flächen eher n ä h e r als die roten. Gewiß ist auch hier, soweit die Abbildungsverhältnisse im Auge in Betracht kommen, keine Änderung eingetreten, welche eine direkte Umkehr der Täuschung verständlich machen könnte. Das Eindringlichkeitsverhältnis der Farben hat sich umgekehrt, und die Konturen der Farbenflächen werden so unscharf abgebildet, daß sie für die Lokalisation nicht mehr bestimmend sind. In einen weißen Karton stanze ich in einem Abstand von etwa ½ cm zwei Löcher von ebensolchem Durchmesser. Der Beobachter sieht monokular aus etwa 60 cm Entfernung durch diese Löcher, deren Rand dabei fixiert werden soll, auf ein rotes resp. blaues Papier. Die bunten Papiere befinden sich etwa 50 cm hinter dem Karton und füllen dessen Löcher vollständig aus; sie erscheinen als Flächenfarben. Auch in diesem Fall scheint das eindringlichere Rot näher zu liegen als das Blau. Offenbar kann hier, da der Rand der Löcher scharf gesehen wird, von einer Beeinflussung der Lokalisation durch eine verschiedene akkommodative Einstellung keine Rede sein.

V. GRÜNBERG[2] hat in umfassender Weise nachgewiesen, daß zwei Flächen verschiedenfarbiger Gelatine in durchfallendem diffusen Lichte

[1] Vgl. hierzu EINTHOVEN. Stereoskopie durch Farbendifferenz. Arch. f. Ophthalm. Bd. 31, 1895. Ferner derselbe im BRAIN 1893. On the production of shadow and perspective effects by difference of colour.

[2] Über die scheinbare Verschiebung zwischen zwei verschiedenfarbigen Flächen in durchfallendem diffusen Lichte. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 42, 1906.

im allgemeinen eine Verschiebung gegeneinander erleiden, die von der Qualität der verglichenen Farben sowie der Stärke der Durchleuchtung abhängt. Er führt nicht aus, wieweit die Gesetzmäßigkeit in der Lokalisation, der er auch eine kurze mathematische Formulierung gegeben hat, von dioptrischen, wieweit sie von psychologischen Faktoren abhängt. Daß Faktoren letzterer Art mit im Spiele waren, ist als sicher anzunehmen.

§ 7. Die Lokalisation von Flächenfarben unter dem Einfluß benachbarter Oberflächenfarben.

Wir beschäftigten uns in dem Vorhergehenden mit den Einflüssen, welche auf die wechselseitige Lokalisation von Flächenfarben von den Momenten ihrer Farbmaterie sowie ihren Extensitätsverhältnissen ausgehen. Dabei sprachen wir nur von Entfernungsdifferenzen, ohne von der besonderen Art der Orientierung der Flächenfarben in bezug auf den Beobachter, die doch ebenso wie die Entfernung vom Beobachter zum Ganzen der Lokalisation gehört, Genaueres mitzuteilen. Hierzu bemerken wir nachträglich, daß den beobachteten Flächenfarben im wesentlichen eine frontalparallele Orientierung zukam. Bei der vorläufigen Abgrenzung der Flächen- und Oberflächenfarben im ersten Abschnitt dieser Arbeit schrieben wir den ersteren im allgemeinen eine wesentlich frontalparallele Orientierung zu, während wir für die Oberflächenfarben alle möglichen Orientierungsweisen in Anspruch nahmen. Die Frage nach der Orientierung der Flächenfarben — in allgemeinster Form gestellt — bedarf einer besonderen Untersuchung. Es trifft wohl zu, daß die Spektralfarbe das Okular in frontalparalleler Weise ausfüllt. Auch für die Farbe des Himmels ist unter den oben angegebenen Betrachtungsbedingungen meist eine solche Orientierung vorhanden. Die Orientierung ist aber nicht stets eine frontalparallele. Die Himmelsfläche kann nach meinen Beobachtungen je nach den Umständen, unter denen sie zur Wahrnehmung kommt, in verschiedener Orientierung erscheinen. Die Größe des betrachteten Flächenstückes sowie die Art der Umgebung, in der sich dieses darbietet, sind an erster Stelle als von Einfluß auf diese Orientierung zu nennen. Wir wollen vorausschicken, daß es sich bei den folgenden Betrachtungen nicht allein um die Orientierung der Himmelsfarbe handelt, sondern daß das Gesagte für Flächenfarben im allgemeinen Geltung besitzt. Die Himmelsfarbe dient uns hier nur als Repräsentant der Flächenfarben.

Wenn wir unsere Beobachtungen zunächst auf sie beziehen, so geschieht es, weil damit die Möglichkeit gegeben ist, Versuche anzustellen, die sich aus leicht ersichtlichen Gründen mit terrestrischen Flächenfarben nur schwer ausführen lassen. Unsere Versuche sollen der Beantwortung der Frage dienen: wie wird die Lokalisation (Entfernung u n d Orientierung) [1] einer Flächenfarbe durch die Oberflächenfarben ihrer Umgebung beeinflußt?

Den Weltenraum denken wir uns unbegrenzt. Der unmittelbar wahrgenommene Raum schließt mit den für unsere Wahrnehmung entferntesten farbigen Erscheinungen ab. Im Freien bildet für einen großen Teil des Gesichtsfeldes die Himmelsfläche die farbige Erscheinung größter Entfernung. Es ist offenbar, daß die mit ihr im folgenden angestellten Versuche auch für Flächenfarben von kleinerer Entfernung gelten. In einen hellgrauen Karton, der so groß genommen wird, daß er das Gesichtsfeld zu einem beträchtlichen Teile ausfüllt, stanze ich in der Mitte ein Loch von etwa 2 cm Durchmesser und halte ihn (am besten stellt man die Versuche im Freien auf einer erhöhten Stelle an, so daß das betrachtete Stück der Himmelsfläche unter der Horizontalebene des Beobachters liegt) frontalparallel in einer Entfernung von etwa 30 cm vor einen Beobachter. Dieser hat unter binokularer Fixierung des Lochrandes zu beurteilen, wo ihm die Farbenfläche des Himmels erscheint. Sie scheint hinter der Öffnung in nicht zu großer, aber nicht genau angebbarer Entfernung parallel zu dem Karton selbst zu liegen. Die Himmelsfarbe behält ihre unbestimmte Lage hinter dem Karton bei, wenn man diesen in größere Entfernung bringt und dabei seine Öffnung entsprechend vergrößert. Will man Beobachtungen dieser Art bei sehr großer Entfernung der Oberflächenfarbe anstellen, so findet man dazu Gelegenheit an natürlichen Durchblicken durch Baulichkeiten (durchbrochene Mauern und ähnliche Objekte), die sich in genügend großer Entfernung befinden. In jedem Fall bewahrt die Flächenfarbe ihre unbestimmte Lokalisation, liegt aber stets hinter der ihr als Rahmen dienenden Oberflächenfarbe; der Beobachter gibt mit Sicherheit das Urteil ab, daß trotz dieser Unbestimmtheit der Lokalisation doch die Flächenfarbe in um so größere Entfernung zu rücken scheint, in je weitere Entfernung

[1] Von der besonderen R i c h t u n g der Flächenfarben im Raume durfte im folgenden aus naheliegenden Gründen abgesehen werden.

die sie umschließende Oberflächenfarbe verlegt wird. Es folgt aus diesen Versuchen, daß man eine Flächenfarbe, die wie die Farbe des Himmels in sehr großer Entfernung erscheint, mit Hilfe eines passend aufgestellten gelochten Kartons in hohem Grade an den Beobachter heranbringen kann.[1]

Der Bedingungen, die bei unseren Beobachtungen die Lokalisation der Flächenfarben mit beeinflussen, gibt es so viele, daß eine Besprechung aller zuweit führen würde. Ich will mich auf die Angabe derjenigen beschränken, deren Erfüllung für ein gutes Gelingen der beschriebenen Beobachtungen besonders zu beachten ist. Das Loch des Kartons muß genügend groß genommen werden; erscheint es unter zu kleinem Gesichtswinkel, so rückt die Flächenfarbe fast vollständig in das Loch hinein und erscheint mehr als Oberflächenfarbe. Diesen Charakter nimmt sie auch leicht an, wenn der Karton sich durch eine nur schwache Körnung zu wenig von der Flächenfarbe abhebt oder wenn Karton und Flächenfarbe sich nach Helligkeit und Qualität in geringem Grade voneinander unterscheiden. (Wie man somit die Anordnung treffen muß, damit eine für gewöhnlich als Flächenfarbe wirkende Lichtstrahlung als Oberflächenfarbe in dem Loch des reduzierenden Schirmes erscheint, ist nach dem Angegebenen ohne weiteres klar.) Bei unseren Versuchen wählten wir daher einen deutlich gekörnten, nach Farbe hellgrauen Karton, der sich von der Farbe des Himmels deutlich abhob. Wie die Öffnung des Kartons nicht zu klein genommen werden darf, soll sie auch nicht zu groß gewählt werden, weil sonst die Farbe des Himmels stets in die Entfernung verlegt wird, die sie bei Betrachtung ohne Karton innehat. Man kann die Versuche bei blauem oder bewölktem Himmel mit wesentlich gleichem Erfolge anstellen, nur muß letzterenfalls das in dem Loche erscheinende Grau völlig gleichmäßig sein. Wir können zwar sagen, daß es für die Art der Lokalisation nahezu unwesentlich ist, ob der Karton oder die Flächenfarbe eine größere Helligkeit besitzt. Doch ändert die Flächenfarbe mit der Größe der Helligkeitsdifferenz etwas ihre Entfernung von dem Loche des Kartons. Ich unterließ es, zu diesem Punkte besondere Beobachtungen anzustellen.

Nach dem Mitgeteilten geht von der bestimmt lokalisierten Oberflächenfarbe des Kartons eine Tendenz aus, die Entfernung der Flächenfarbe der eigenen anzunähern. Die starke Beeinflußbarkeit der Lokalisation einer Flächenfarbe ist auch in dem nun mitzuteilenden Versuch zu erkennen. Ich lasse eine Flächen-

---

[1] Durchaus entspricht meiner Anschauung über das Zustandekommen der Lokalisation der Himmelsfläche das, was Filehne dazu bemerkt: „In dem Maße als das räumliche Sehen zur Ausbildung gelangt, w e i c h t in der Wahrnehmung der Himmel zurück; er macht halt und fixiert sich in noch endlicher irdischer Entfernung, sobald jene Ausbildung vollendet ist und eine weitere Konzession, ein weiteres Zurückweichen nicht gefordert wird.“ a. a. O. S. 294.

farbe durch einen Tubus von zylindrischer oder sich schwach nach der Flächenfarbe hin verjüngender Form betrachten. Vergleicht man die Entfernung, in der unter diesen Umständen die Flächenfarbe zu liegen scheint, mit der, welche sie bei Betrachtung durch das Loch eines Kartons erfährt, das sich unter dem gleichen Gesichtswinkel und in derselben Entfernung wie die Öffnung des Tubus darbietet, so ergibt sich stets als unmittelbarer Einduck, daß die Flächenfarbe bei der Betrachtung durch den Tubus in größerer Entfernung erscheint. Man kann es so einrichten, daß zwischen der Flächenfarbe und den sie umschließenden Teilen des Tubus einerseits, des Kartons andererseits annähernd die gleiche Helligkeitsdifferenz besteht. Um dies zu erreichen, habe ich die Beobachtungen z. T. mit einem lichtdurchlässigen Tubus (aus Milchglas) angestellt. Auf Verschiedenheiten der Helligkeitsdifferenzen in beiden Fällen ist also die ermittelte Entfernungsverschiedenheit der Flächenfarbe nicht zurückzuführen. Der deutliche Tiefeneindruck, den der Tubus bei monokularer Durchsicht gewährt, gibt ein Motiv ab, die unbestimmt lokalisierte Flächenfarbe in eine größere Entfernung zu verlegen als beim Durchblick durch das Loch des Kartons. Der Einfluß, der von einer tubusähnlichen Vorrichtung auf die Lokalisation nach der Tiefe für die durch sie gesehenen Gegenstände ausgeht, ist bekannt und wird zur Erhöhung der Tiefenwirkung bei Panoramen angewandt. Wir haben die Wirkung dieses Einflusses auch auf die unbestimmt lokalisierten Flächenfarben nachgewiesen.

Über die Orientierungsweisen von Flächenfarben. Hält man, wie bei den eben referierten Versuchen, den Karton frontalparallel, so erscheint die dahinter liegende Flächenfarbe ebenfalls in einer frontalparallelen ebenen Fläche. Letzteres ist nun nicht mehr der Fall, wenn man den Karton um einen erkennbaren Winkel dreht und darauf die Beobachtung der hinter dem Loch erscheinenden Flächenfarbe vornimmt. Sie erleidet dabei vielmehr selbst eine Drehung im Sinne der Drehung, die den Karton betroffen hat, ohne die Größe der letzteren zu erreichen. Die Flächenfarbe nimmt eine Orientierung an, die zwischen der des Kartons und der frontalparallelen liegt. Der Beobachter vermag aber nicht genauere Angaben hinsichtlich der Orientierung der Flächenfarbe zu machen. Jedenfalls besitzt sie nicht die gleiche Bestimmtheit der Orientierung

wie der Karton. Die Unbestimmtheit der Lokalisation von Flächenfarben, die wir bis jetzt nur auf das Moment der Lokalisation nach der Tiefe bezogen, erstreckt sich demnach bei einer nicht frontalparallelen Orientierung derselben auch auf das Moment der Orientierung.

Auch wenn die Flächenfarben nur teilweise von Oberflächenfarben begrenzt und nicht, wie bei den vorstehenden Beobachtungen, ganz von ihnen umschlossen werden, geht von letzteren ein die Entfernung und Orientierung der Flächenfarben bestimmender Einfluß aus. Hinter einem fernen Haus, welches zum Beobachter frontalparallel steht, erscheint die Himmelsfläche selbst, wenn man sich auf ein kleineres Stück derselben über dem Hause beschränkt, in frontalparalleler Orientierung.[1] Der Eindruck ändert sich, wenn man die Lage der Himmelsfläche hinter einer beträchtlich näheren, gleichgerichteten Fläche eines Kartons beachtet. Die der Fläche benachbarten Teile des Himmels scheinen ihr angenähert, zugewölbt, so daß man den Eindruck einer schwachgewölbten Flächenfarbe empfängt. Die Teile der Himmelsfläche, die von der Fläche weiter abliegen, streben mehr und mehr der zur Blickrichtung senkrechten Orientierung zu; für die Orientierung eines kleinen Stücks der Himmelsfläche, das von terrestrischen Objekten möglichst weit entfernt ist, gilt das, was FILEHNE darüber bemerkt. „Wir sehen in aufrechter Stellung bei ruhendem Blick immer nur ein Stück Himmel, das uns... ganz oder fast wie eine ebene Fläche senkrecht zur Sehrichtung erscheint.“[2] Nehmen wir weiter den Fall, ein Beobachter blicke bei aufrechter Haltung auf eine vertikale Fläche, die so zu ihm orientiert ist, daß sie sich bei ihrer Verlängerung mit seiner Medianebene in einem spitzen Winkel schneiden würde. Die Himmelsfläche, die hinter einer derart orientierten Fläche liegt, erscheint nicht mehr frontalparallel, sondern aus dieser Lage entfernt und der Lage der Fläche selbst angenähert, ohne ihr jedoch parallel zu werden. Auch erscheint die Himmelsfläche in den Teilen, die hinter dem näheren Teile der Fläche liegen, näher zum Beobachter als in den anderen Teilen. Man kann diese

[1] An eine ähnliche Konstellation denkt wohl HERING, wenn er angibt. „Hinter einer Wand ... die nur so hoch zu sein braucht, daß sie alles Irdische verdeckt, steigt mir der Himmel stets senkrecht aus der Erde empor.“ HERING I, S. 27.

[2] a. a. O. S. 286.

Beobachtungen an der Himmelsfläche recht gut anstellen, wenn man sich in der Mitte einer breiten Straße befindet, so daß die Wände der seitlichen Häuser die die Orientierung der Flächenfarben beeinflussenden Flächen abgeben. Aus unseren Beobachtungen folgt: Jede Flächenfarbe besitzt an und für sich die Tendenz, in frontalparalleler Orientierung zu erscheinen. Entfernung und Orientierung der Oberflächenfarben, welche den Flächenfarben benachbart sind oder sie ganz umschließen, wirken auf diese beiden Momente der Flächenfarben assimilierend. Unter sonst gleichen Umständen erscheint die Flächenfarbe um so näher, je näher die auf sie wirkende Oberflächenfarbe zum Beobachter liegt. Sie erscheint im allgemeinen aus der frontalparallelen Orientierung, welche sie anzunehmen strebt, um so mehr entfernt, je deutlicher die auf sie wirkende Oberflächenfarbe von dieser Orientierung abweicht.

Wir durften die letzten Sätze in eine allgemeinere Form kleiden, weil sich die an der Himmelsfläche gemachten Beobachtungen mit anderen Flächenfarben bestätigen lassen. Auch den obigen Versuch mit der Leuchtlinie kann man in gewisser Weise als hierher gehörend betrachten, indem von der Leuchtlinie ja auch eine hinsichtlich der Entfernungsverhältnisse assimilierende Wirkung auf die sie umgebende Flächenfarbe ausging.

Es ist nicht leicht, Bestimmungen über die Orientierung von Flächenfarben vorzunehmen; ihre Orientierung besitzt eine gewisse Labilität, die vermutlich durch wechselnde innere Einstellungen bei der Beobachtung bedingt ist. Unbefriedigt über die angestellten Beobachtungen schwankte ich, ob ich einen Bericht derselben in die Arbeit aufnehmen sollte. Schließlich entschloß ich mich zu einer Mitteilung der sichersten Beobachtungen, damit an dieser Stelle keine Lücke in den Untersuchungen blieb.

Nach unseren Beobachtungen müssen die Entfernungen und Orientierungen der einzelnen Teile der Himmelsfläche einen Wechsel erfahren mit der Rahmung, welche sie für gewöhnlich von den terrestrischen Objekten erfahren. Dementsprechend müßten auch verschiedene Formen des aus diesen einzelnen Teilen zusammengesetzten Himmelsgewölbes vorkommen. Bei CLAPARÈDE [1] findet sich eine dahingehende Bemerkung, allerdings ohne nähere Begründung der Erscheinung. Es würde mich zu weit führen, von den eigenen Beobachtungen aus näher auf die scheinbare Form des Himmelsgewölbes einzugehen. Ich möchte es aber nicht versäumen, an dieser Stelle auf eine Arbeit von H. HÄNEL hinzuweisen, die an guten Beobachtungen über die Lokalisation und Form des Himmels reich ist. Ich führe den Satz derselben an „der Himmel besteht für unser Auge aus zwei Teilen, von denen der eine, der dem Erdhorizonte aufstehende Ring, dessen Eigenschaften teilt, d. h. in einer bestimmten Entfernung gesehen wird, der andere keine

[1] a. a. O. S. 129.

Gestalt oder Form hat, sondern nur eine Farbe von grundsätzlich unbestimmter Entfernung ist“[1], weil darin die Möglichkeit der grundsätzlich unbestimmten Entfernung einer Farbe anerkannt wird. Der Leser erkennt, inwieweit wir hinsichtlich der anderen, von H. hier gemachten Angaben von ihm abweichen.

Wir versuchen, eine Erklärung unserer Beobachtungen anzudeuten. Bei geöffneten Augen haben wir eine (durch Erfahrungseinflüsse ausgebildete) Neigung, Farbeneindrücke, die wie die Flächenfarben nicht auf einen Gegenstand bezogen werden können, in größtmöglichte Entfernung zu lokalisieren; diese Entfernung ist aber die der Himmelsfläche.[2] Diejenigen Lokalisationen von Flächenfarben, die wir sonst bei offenem Auge antreffen, sind also als zwangsmäßige zu betrachten. Die Flächenfarben tendieren zwar, sich selbst überlassen, in jene größte Entfernung, sie verbieten aber nicht eine Lokalisation in eine andere Entfernung. Die in unseren Versuchen tatsächlich beobachtete Angleichung der Lokalisation der Flächenfarben an die Lokalisation der Oberflächenfarben scheint mir nun diktiert zu sein durch ein Prinzip, welches man als das der bequemen Übersehbarkeit ansprechen könnte. Zwei aneinanderstoßende Flächen, die sich vor mir befinden, übersehe ich mit einem Blicke leichter, wenn sie sich in derselben Entfernung befinden, als wenn die eine näher zu mir liegt. Fordert nun eine als Oberflächenfarbe eine bestimmte Entfernung, während die andere als Flächenfarbe an und für sich keine Entfernung verbietet, so wird letztere in ihrer Entfernung der ersteren so weit angenähert, als andere dieser Annäherung entgegenwirkende Tendenzen dies gestatten. Ähnliches gilt für die Orientierung zweier Flächen; sie sind um so leichter mit einem Blick zu erfassen, je ähnlicher die Orientierung beider ist. Wieder wird wegen der bequemeren Übersehbarkeit die Flächenfarbe aus der frontalparallelen Orientierung entfernt und der gegebenen Orientierung der Oberflächenfarbe angenähert.

---

[1] H. Hänel. Die Gestalt des Himmels und Vergrößerung der Gestirne am Horizonte. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 51, 1909, S. 198.

[2] s. Anm. auf S. 47.

Abschnitt III.

Beobachtungen und Versuche im Gebiete der Oberflächenfarben.

Kapitel I.

Die tonfreien Oberflächenfarben bei tonfreier Beleuchtung.

§ 8. Orientierende Versuche über die Zweidimensionalität der Mannigfaltigkeit der tonfreien Oberflächenfarben.

Die sekundären Erscheinungsweisen der Oberflächenfarben. Wenn wir im § 4 von der Reduktion heterogener Farben zu Flächenfarben sprachen, so war damit nur ausgedrückt, daß unter gewissen Umständen Konstellationen, die für gewöhnlich heterogene Farbeneindrücke auslösen, nun alle Flächenfarben auslösen. Damit ist nicht gesagt, daß die verschiedenen Farbeneindrücke auch im eigentlich psychologischen Sinne aufeinander zurückführbar seien, d. h. daß die Farbe der einen Erscheinungsweise in dem Erlebnis der anderen irgendwie „enthalten" sei. So ist die Oberflächenfarbe nicht etwa dem Erlebnis nach eine Modifikation der Flächenfarbe. Diese wieder bildet nicht die Grundlage, auf der sich die Raumfarbe aufbauen könnte usw. Gewiß tritt Glanz nur in Verbindung mit Farben anderer Erscheinungsweise auf, und durchscheinende Farben (sowohl Flächen- als Raumfarben) setzen Oberflächenfarben als durch sie gesehen voraus. Insoweit sind sie also als Farbeneindrücke zu bezeichnen, die nicht unabhängig von anderen vorkommen. Sie sind aber nicht eigentlich Modifikationen dieser anderen Farbeneindrücke.[1]

[1] Damit ist über die genetische Beziehung dieser Farbeneindrücke natürlich noch gar nichts ausgemacht.

Um diesem Sachverhalt Ausdruck zu verleihen, wollen wir von allen im ersten Abschnitt unterschiedenen Erscheinungsweisen als von den primären Erscheinungsweisen der Farben sprechen. Ihnen stellen wir hier die Farben sekundärer Erscheinungsweisen gegenüber, das sind solche, die sich psychologisch auf den Farben eines der von uns unterschiedenen Farbensysteme, nämlich auf den Oberflächenfarben aufbauen, diese gewissermaßen enthalten. Es kommen dabei also „Modifikationen" von Oberflächenfarben in Betracht, die immer erst möglich sind auf Grund des Umstandes, daß Oberflächenfarben überhaupt erlebt werden. Nur andeutend können wir an dieser Stelle erklären, daß hierher alle Farbenerscheinungen gehören, die aus den Beziehungen zwischen den Oberflächenfarben und der Art und Stärke der vorhandenen Beleuchtung resultieren und deren bekanntesten die Phänomene der „Beschattung" und „Belichtung" sind. Die erschöpfende Behandlung dieser Dinge ist den folgenden Ausführungen vorbehalten. Die bereits hier geschehene Einführung des Begriffs „sekundäre Erscheinungsweisen" ist motiviert durch daraus erwachsende Vorteile der Darstellung. Wir beschränken uns im folgenden zunächst auf die tonfreien Oberflächenfarben.

Die Farbenreihe, welche von jeher mit besonderem Interesse studiert worden ist, ist die vom Weiß durch die grauen Farben zum Schwarz laufende, die Hering als die Reihe der tonfreien Farben bezeichnet. „Sämtliche tonfreie Farben lassen sich in einer Reihe derart angeordnet denken, daß an dem einen Endpunkt das reinste zur Anschauung zu bringende Schwarz, an dem anderen das reinste uns vorkommende Weiß zu liegen käme, während dazwischen alle möglichen Dunkelheits- bzw. Helligkeitsstufen das Schwarz, Grauschwarz, Schwarzgrau, Grau, Weißgrau, Grauweiß und Weiß sich in stetiger Folge aneinanderreihen."[1] v. Kries stimmt der Heringschen Auffassung von der Eindimensionalität der Mannigfaltigkeit der tonfreien Farben zu. „Eine Änderung des Grau, bei der Schwarz und Weiß in gleichem Verhältnis blieben und beide gleichmäßig stärker oder schwächer würden, gibt es nicht."[2] Der gleichen Ansicht hat mit besonderer Berücksichtigung der gleichzeitigen quantitativen und qualitativen Änderung innerhalb der schwarz-weißen Farbenreihe G. E. Müller in seinen Ausführungen über die quanti-

[1] Hering VI, S. 25.
[2] Kries II, S. 142.

tative Singularität der schwarz-weißen Empfindungsreihe Ausdruck gegeben. Während die Ansichten über die Art der Änderungen, die beim Durchlaufen der Reihe der tonfreien Farben eintreten, geteilt sind, ist in allen Darstellungen ihre Auffassung als die einer eindimensionalen Reihe ungeteilt. Dieser Auffassung stimme auch ich vollständig zu, sofern man sich in der Betrachtung auf die bei einer ganz bestimmten Beleuchtung herstellbaren Flächen- oder Oberflächenfarben beschränkt. Alle in unserer Erfahrung unter diesen Umständen vorkommenden tonfreien Flächen- oder Oberflächenfarben lassen sich tatsächlich in eine Reihe einordnen. Durch zweckentsprechende Versuchsanordnungen läßt sich nun aber zeigen, daß dies für die Gesamtheit der tonfreien Oberflächenfarben nicht möglich ist. Dabei sehen wir hier ganz ab von den Ausnahmen, durch die nach G. E. Müllers Annahme sein Satz von der quantitativen Singularität der S-W-Reihe (Abkürzung für Schwarz-Weiß-Reihe) eventuell durchbrochen sein könnte.[1] Auf diese Ausnahmen werden wir auch im folgenden als unseren Untersuchungen fernliegend nicht näher einzugehen brauchen.

Versuchsanordnung I. In ungefähr 2 m Höhe einer Wand des Dunkelzimmers ist ein intensiv leuchtendes Gasglühlicht angebracht.[2] Unter der Lampe nimmt eine Vp. Platz, so daß man die Möglichkeit hat, ihr farbige Papiere in Entfernungen bis zu etwa 5 m zur Beurteilung vorzuhalten. Ich stellte mir eine Skala von 18 in ihren Helligkeitswerten nahezu um dieselben Stufen voneinander abweichenden tonfreien Papieren her, deren Enden gebildet waren von einem Tuchschwarz und einem etwa 60 mal so viel Licht ausstrahlenden Weiß.[3] Die einzelnen Papierstreifen mit einer Länge von ca. 8, einer Breite von ca. 4 cm hatte ich nebeneinander auf einen Pappstreifen aufgeklebt. Ich halte diese Reihe in ungefähr 1 m Abstand von der Vp. in deren Augenhöhe nahezu senkrecht zu den Lichtstrahlen; dann stelle ich Papiere von derselben Helligkeit wie die der Reihe einzeln in einer Entfernung von

[1] Müller II, S. 62 f.

[2] Von der Buntheit der Beleuchtung sehen wir bei diesen orientierenden Versuchen ganz ab.

[3] Wenn die Stufen nicht völlig gleich waren, so machte dies bei der ganzen Anlage der Versuche wenig aus. Gleichheit der Stufen konnte ich leider nicht erreichen, da mir zur Zeit dieser Versuche die notwendigen tonfreien Papiere fehlten. Die Helligkeit der Papiere ist weiter unten angegeben (§ 16).

etwa 5 m von der Vp. auf (die Größe der letzteren Papiere ist so gewählt, daß sie annähernd unter demselben Gesichtswinkel erscheinen wie die der Reihe) und lasse sie mit den Papieren der Reihe vergleichen. Als Hintergrund diente in diesen Versuchen allen Papieren die schwarze Wand des Dunkelzimmers. Greifen wir aus den Beobachtungen, die nur von orientierendem Charakter sein sollten, eine heraus. Befindet sich im Hintergrund des Zimmers das Papier von größter Weißlichkeit und soll der Beobachter[1] dieses in die 1 m vor ihm befindliche Skala einordnen, so entscheidet er sich in den meisten Fällen für eine Einordnung zwischen das zweite und dritte Glied. Das zweite ist noch etwas zu weißlich, das dritte neigt bereits etwas zu stark nach Grau. Ich wählte aus einer Reihe mir zur Verfügung stehender (an Helligkeit zwischen dem zweiten und dritten Glied unserer Skala rangierender) tonfreier Papiere ein solches aus, von dem die Vp. erklärte, daß es nach seiner Qualität dem im Hintergrund des Zimmers befindlichen Papier gleich sei. Jedenfalls war nicht an der merkwürdigen Tatsache zu zweifeln, daß unter den obwaltenden Umständen zwei von der Lichtquelle verschieden weit entfernte tonfreie Flächen als gleich weißlich angesprochen wurden, von denen die nähere ungefähr 20 mal[2] so viel Licht aussandte als die entferntere. Sie wurden beide als qualitativ von gleicher Weißlichkeit bezeichnet, erschienen aber der Vp. nicht in jeder Beziehung gleich. Wandert sie nämlich mit dem Blick von der entfernteren zur näheren (diese Richtung wurde stets innegehalten, weil bei der umgekehrten Folge der Betrachtung das Nachbild der intensiver beleuchteten näheren Fläche stören konnte), so hat sie deutlich den Eindruck, daß die nähere ein Weiß von größerer „Ausgeprägtheit" zeigt. Manche bezeichneten das nähere Weiß auch als das lichtere. Bei der entfernteren Farbe könnte man von einer ganz spezifischen V e r h ü l l u n g[3] m i t D u n k e l h e i t sprechen. Dabei ist jedoch zu betonen, daß das entferntere

[1] Ich stellte diese Beobachtungen mit einer Reihe von Vpn an, die in ihren Angaben nicht so weit voneinander abwichen, daß das Eigentümliche der Ergebnisse dadurch in Frage gestellt worden wäre.

[2] Unter Berücksichtigung der verschiedenen Entfernungen der beleuchteten Flächen von der Lichtquelle sowie der Reflexionsfähigkeit der beiden in Betracht kommenden Papiere. Von den schwarzen Wänden des Dunkelzimmers wird nur wenig Licht reflektiert.

[3] Dabei hat natürlich Verhüllung einen anderen Sinn, als wenn HERING von Verhüllung bunter Farben mit Grau spricht.

Weiß nicht beschattet erscheint, denn der Eindruck der Beschattung, den wir weiter unten beschreiben werden (§ 14), ist wieder von wesentlich anderer Natur. Man könnte in Analogie zu den Bezeichnungen in anderen Gebieten der Sinnespsychologie auch hier, wo dieselbe Qualität (Weiß) in verschiedener Ausgeprägtheit vorliegt, von einer Verschiedenheit der Intensität sprechen. Was mich aber neben anderem davon abhält, auf Grund der vorliegenden Beobachtungen von „verschiedenen Intensitätsstufen desselben Weiß" zu sprechen (und des weiteren allgemein von verschiedenen Intensitätsstufen tonfreier Oberflächenfarben), das ist der Umstand, daß hier die Wahrnehmung verschiedener Intensitätsstufen derselben Qualität an die Wahrnehmung gewisser räumlicher Verhältnisse geknüpft zu sein scheint, also nur bei einer ganz bestimmten Konstellation eintritt, wozu es in jenen anderen Sinnesgebieten keine Analoga zu geben scheint. Ich ziehe es vor, es zunächst bei der Verwendung des Ausdrucks „Stufen der Ausgeprägtheit desselben Weiß" bewenden zu lassen.[1] Wir hätten also gefunden: bei unserer Versuchsanordnung liegt dasselbe Oberflächenweiß in zwei beträchtlich verschiedenen Ausgeprägtheitsstufen vor. Es ist leicht, auch die dazwischen liegenden Stufen zur Darstellung zu bringen. Man führe nur allmählich die weiße Fläche aus der hinteren Lage in die vordere über. Man sieht dann stets annähernd dasselbe Weiß, aber mit allmählicher Steigerung seiner Ausgeprägtheit. (Es tritt zwar eine Änderung auch der Qualität ein, indem die Fläche bei der Annäherung etwas weißlicher wird. Von dieser qualitativen Änderung wollen wir aber an dieser Stelle absehen.) Ich verhehle mir natürlich nicht, daß die Auffassung, es handle sich bei der farbigen Änderung, welche das Papier bei einer Bewegung erleidet, nur um eine scheinbare Änderung, selbstverständlich wäre, wenn die Vp. die Bewegung des Papieres selbst mit ansehen würde. In diesem Falle würde wohl schon eine gar nicht zu unterdrückende Reflexion über die objektiven Verhältnisse ein anderes Urteil nicht aufkommen lassen. Man muß den Versuch aus diesem Grunde natürlich so anstellen, daß die Vp. nicht weiß, daß die Bewegung mit dem gleichen Papier ausgeführt worden ist.

---

[1] Man könnte anstatt von den „Stufen der Ausgeprägtheit" auch von den „Stufen der Echtheit" desselben Weiß sprechen.

Naiven Beobachtern liegt es nahe, bei dem angegebenen Versuche beide Flächen wohl als gleich weiß, die nähere aber als heller, die entferntere als dunkler zu bezeichnen. Würden wir diese Bezeichnung, die für den mit farbentheoretischen Dingen nicht Vertrauten allerdings naheliegt, akzeptieren, so hätten wir von einem Weiß zu sprechen, das bei gleichbleibender Qualität verschiedene Helligkeiten annehmen kann. Gegen eine solche Bezeichnung ist einzuwenden, daß der Begriff „Helligkeit" in der Farbenpsychologie bereits eine ganz bestimmte und zwar andere Verwendung gefunden hat. Man pflegt bekanntlich die bunten Farben als heller oder dunkler zu bezeichnen, je nachdem sie diesem oder jenem Gliede der S-W-Reihe zuzuordnen sind. Änderung der Helligkeit bedeutet also immer Zuordnung zu einem qualitativ anderen Gliede der S-W-Reihe. Offenbar würde es hiernach keinen rechten Sinn haben, von einem Weiß zu sprechen, das bei gleichbleibender Qualität verschiedene Helligkeiten besitzt. Wir kommen später auf die Frage nach der Helligkeit einer Farbe im Hinblick auf Versuche vorstehender Art zurück (§ 22). Für uns bedeutet im folgenden gleiche Helligkeit tonfreier Farben gleiche Stellung in der S-W-Reihe.

Die psychologische Seite unseres vorstehend mitgeteilten Versuches steht fest; es ist aber zu erwägen, ob bei ihm nicht periphere, d. h. rein physiologische Momente mit dahin wirkten, die beiden weißen Flächen einander qualitativ gleich erscheinen zu lassen oder sie wenigstens qualitativ anzunähern, so daß das Verhältnis 1:20 der physikalischen Lichtstärken nicht auch als physiologisch wirksam zu denken war. Es konnten dabei durch verschiedene Akkommodation und Konvergenz bedingte Änderungen der Pupillenweite sowie adaptive Umstimmungen der Netzhaut eine Rolle spielen. Hierzu bemerke ich Folgendes. a) Pupillenänderungen von merkbarer Größe sind erst dann mit Akkommodations- und Konvergenzänderungen verknüpft, wenn es sich um Einstellungen auf Entfernungen von weniger als 1 m handelt.[1] Sie kommen also für uns nicht in Betracht. b) Von einer D a u e r adaptation an die verschiedenen Lichtstärken der vorderen und hinteren Fläche kann bei dem schnellen Wechsel in der Betrachtung beider nicht die Rede sein. Da die M o m e n t a n adaptation nur von der p e r i p h e r e n Erregungsstärke abhängt und dasselbe für die pupillomotorische Valenz eines Lichtes gilt, wie wir später (§ 20) zeigen werden, so bestimmt sich die peripher-physiologische Wirkung unserer beiden Lichtflächen tatsächlich allein nach ihren physikalischen Lichtstärken. Periphere Verhältnisse wirken hier also nicht im Sinne einer qualitativen Angleichung; das Verhältnis der physikalischen Lichtstärken beider Flächen ist auch physiologisch wirksam zu denken.

Die Montierung der Lichtquelle in der Nähe der Wand und die Stellung der Vp. unter der Lichtquelle wurde nur gewählt, um die ganze Tiefe des Dunkelzimmers für die Darbietung von Farben zu gewinnen. Notwendig ist diese Anordnung nicht für das Gelingen der Versuche. Die Lichtquelle kann bei genügend großen Räumen auch z w i s c h e n der Vp. und der Farbenfläche angebracht werden, nur muß dies in einer solchen Weise geschehen, daß die Betrachtung der Farbenfläche nicht durch „falsches Licht"

---

[1] BACH, S. 60.

von der Lichtquelle her beeinträchtigt wird. In diesem Falle kann man bei Änderungen der Entfernung der Farbenfläche von der Lichtquelle dieselben Beobachtungen machen wie bei der früheren Anordnung. Es ist vielleicht nicht überflüssig, noch einmal ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß bei allen Versuchen, bei denen es sich um Untersuchungen von Beziehungen zwischen Oberflächenfarben und der vorhandenen Beleuchtung handelt, die Anordnung so getroffen sein muß, daß die Vp. auch wirklich Oberflächenfarben sieht und den völligen Überblick über die Beleuchtungsverhältnisse hat. Alles, was diesen Überblick stört, stört auch die Deutlichkeit der von uns beschriebenen Erscheinungen oder macht diese ganz unmöglich. Die Beobachtung findet in allen Versuchen, wo nichts anderes mitgeteilt ist, binokular und möglichst unbefangen statt.

Die nächste Frage ist die, wie es mit dem Vorkommen verschiedener Stufen der Ausgeprägtheit bei anderen Gliedern der S-W-Reihe bestellt ist. Man kann a priori vermuten, daß für die dem Weiß nahestehenden grauen Farben ähnliches gilt wie für das Weiß selbst. Diese Vermutung bestätigt sich, wenn man mit den betreffenden hellgrauen Farben die mit Weiß angestellten Versuche wiederholt; dabei kann man aber gleichzeitig die Beobachtung machen, daß unter den früheren Bedingungen die grauen Farben nicht mit gleicher Deutlichkeit verschiedene Ausgeprägtheitsstufen zeigen wie das Weiß. Geht man zu schwärzlicheren Gliedern der schwarzweißen Farbenreihe über, so kommt man in ein Gebiet, wo man schwankt, ob man dem näheren oder entfernteren Gliede die Fähigkeit zuerkennen soll, die betreffende graue Qualität in reinerer Ausprägung darzubieten. Für das äußerste Schwarz der benutzten Skala und die ihm benachbarten Farben erscheint es fraglos, daß sie unter den gegebenen Versuchsbedingungen in deutlich verschiedenen Ausgeprägtheitsgraden vorkommen. Jetzt zeigen, im Gegensatz zu den Versuchen mit Weiß, die e n t f e r n t e r e n Farben ihre Qualitäten in reinerer Ausprägung. In allen Fällen besitzen von je zwei zusammengehörigen Farben unter den vorhandenen Bedingungen (Kontrast zu der Wand des Dunkelzimmers) die näheren Oberflächenfarben die größere Eindringlichkeit. Für die dem weißen Ende der schwarzweißen Reihe angehörigen Farben fällt höhere Ausgeprägtheit mit höherer Eindringlichkeit zusammen, für Schwarz und seine Nachbarfarben gilt diese Beziehung nicht; man muß sich also vor einer Verwechslung von Eindringlichkeit einer Farbe und Ausgeprägtheit derselben in unserem Sinne hüten. Es empfiehlt sich, eine eventuelle Nachprüfung unserer Beobachtungen mit E n d g l i e d e r n der schwarzweißen Reihe vorzu-

nehmen, weil diese das Dargelegte besser erkennen lassen als mittlere Glieder.

Nach den mitgeteilten Beobachtungen steht es fest, daß gewisse tonfreie Oberflächenfarben unter bestimmten Versuchsbedingungen in mehreren Stufen der Ausgeprägtheit vorkommen. Wenn in diesem Nachweis eigentlich schon enthalten ist, daß man nicht mehr berechtigt ist, von e i n e r S-W-Reihe der tonfreien Oberflächenfarben zu sprechen (zunächst wieder nur für unsere Beobachtungsbedingungen), so wird doch bei der Wichtigkeit der Angelegenheit die Angabe eines Verfahrens nicht unwillkommen sein, durch welches die Unmöglichkeit der Einordnung aller tonfreien Oberflächenfarben in nur e i n e Reihe in besonders deutlicher Weise dargetan wird.

Wir stellen in 1 m Entfernung von der Vp. einen Kreisel auf, der eine weiße und eine schwarze Scheibe trägt, sodaß man sich durch Änderung der Sektorenverhältnisse eine tonfreie Reihe von einem guten Weiß bis zu einem tiefen Schwarz zur Darstellung bringen kann. Man richte den Blick auf eine weiße Fläche, die sich im Hintergrund des Zimmers befindet und frage sich, an welcher Stelle der n a h e n tonfreien Reihe die dort gesehene Farbe wohl unterzubringen ist. Man wird finden, daß sie an keine Stelle paßt. Da das Weiß der vorderen Reihe sicher heller, das Schwarz derselben sicher dunkler ist als die entferntere Farbe und in dieser Reihe die Übergänge vom Weiß zum Schwarz vollständig stetig sind, so müßte sie sich doch an irgendeiner Stelle unterbringen lassen, wenn es nur e i n e Reihe tonfreier Farben gäbe.[1] D i e s e E i n o r d n u n g g e l i n g t a b e r t a t s ä c h l i c h n i c h t. Der Versuch mit Weiß bietet keine merkwürdige Ausnahme. Es ließen sich nämlich die „Ausnahmen“ beliebig häufen, wenn man anstatt des Weiß ein Hellgrau, Dunkelgrau, Schwarz nehmen würde. Nun könnte man etwa einwenden, die Lage der entfernteren Fläche sei n i c h t n o r m a l, die Einordnung ihrer Farbe würde sich schon ermöglichen lassen, wenn sie in gleiche Entfernung vom Beobachter wie der Farbenkreisel gebracht würde. Hierauf ist zu erwidern: Welche Entfernung soll denn als die „normale“ angesprochen werden, etwa die von 1 m? Von vorn herein ist durchaus keine Entfernung vor der anderen ausgezeichnet.

[1] Von der Verschiedenheit in der Buntfärbung der nahen und fernen Farben dürfen wir hier absehen.

Ferner: selbst wenn sich herausstellen sollte, daß eine Entfernung der Farbenflächen von der Lichtquelle in irgendeiner Hinsicht als ausgezeichnet zu betrachten ist, so bleibt doch dem unmittelbaren Eindruck nach die Farbe in größerer Entfernung von derselben phänomenologischen Dignität wie die in kleinerer Entfernung. Die beiden Farben geben sich in gleich unmittelbarer Weise und sind so miteinander zu vergleichen. Um Beziehungen aufzudecken, welche zwischen zwei gegebenen Wahrnehmungsinhalten bestehen, darf man natürlich nicht eine Änderung der Versuchsanordnung treffen, welche für den einen der Inhalte eine wesentliche Änderung bedingen würde. Die Annäherung der entfernteren Fläche bis auf 1 m wäre aber als solche anzusehen.[1]

Wir halten durch unsere Ausführungen die Zweidimensionalität der Mannigfaltigkeit der tonfreien Oberflächenfarben bereits für prinzipiell erwiesen. Denn es steht nach diesen Ausführungen in unserem Belieben, ob wir von einem gegebenen Gliede einer S-W-Reihe zu qualitativ anderen, helleren oder dunkleren Gliedern übergehen wollen oder zu Farben, welche die gleiche Qualität in einer anderen Ausgeprägtheit zeigen. Die im § 9 folgenden Versuche sollen uns mit den gesetzmäßigen Beziehungen bekannt machen, welche zwischen den Ausgeprägtheitsstufen tonfreier Oberflächenfarben und gewissen Verhältnissen ihrer Beleuchtung bestehen. Es empfahl sich, diesen Versuchen einige begriffliche Unterscheidungen, die sich auf das Erleben von Farben- und Beleuchtungsverhältnissen beziehen, vorauszuschicken.

Sollte nicht ein in psychologischer Beziehung unberechtigtes Fürgleichhalten des Umstandes, ob Weiß durch graue Stufen bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke oder ob es bei nahezu gleichbleibender Qualität durch Herabsetzung der Beleuchtungsstärke des Gesichtsfeldes in „Lichtlosigkeit" übergeführt wird, mit den Streit darüber veranlaßt haben, ob Schwarz die niedrigste Quantität von Weiß, oder ob es eine neue Qualität sei? Fast scheint es mir so, wenn man z. B. A. Fick, bekanntlich einen Vertreter der ersteren Ansicht, zu Worte kommen läßt. „Ich finde in meinem Bewußtsein nur eine quantitative Änderung ein und derselben Empfindung, wenn ich die Beleuchtung eines weißen Papierblattes im Gesichtsfelde allmählich vermindere (bis es zuletzt schwarz erscheint)." (Hermanns Handb. d. Phys. Bd. III, Teil 1, S. 205). Wir verstehen Fick auf Grund unserer Versuche und könnten ihm im wesentlichen bis auf das, was wir in ( ) gesetzt haben, zustimmen. (Daß F. auch sonst mit

[1] In ähnlicher Richtung bewegen sich Ausführungen über Beobachtungsbedingungen von F. E. Otto Schultze. Arch. f. d. ges. Psychol. Bd. 8, 1906, S. 346 f.

verschiedenen Ausgeprägtheitsstufen desselben Weiß operiert hat, scheint aus einem Versuch auf S. 204 derselben Arbeit hervorzugehen.) Würde aber F. von einem Dunkelgrau normaler Beleuchtung und einem an Lichtstärke gleichen Weiß niederer Ausgeprägtheit Gleichheit des Eindrucks ausgesprochen haben?

Physiologische, eigentliche und scheinbare Farbe von Gegenständen.

Man pflegt in der Physik nichtleuchtende und leuchtende Körper zu unterscheiden. Dabei hat die Physik wie in so vielen anderen Fällen der physikalischen Begriffsbildung ihren Ausgang von gewissen psychologischen Tatbeständen genommen, die endgültige Scheidung in nichtleuchtende und leuchtende Körper aber rein nach physikalischen Bedürfnissen vollzogen. Wir verfolgen hier die subjektiven Phänomene, die bei bestimmten Beleuchtungen von Körpern eintreten und lassen es dahingestellt, was in den angezogenen Fällen physikalischerseits vorliegt.

Bei der psychologischen Behandlung der Raumperspektive pflegt man mit der Herausarbeitung dreier wichtiger Begriffe zu beginnen; es sind dies die Begriffe der wahren Größe (Form) der Objekte, ihrer scheinbaren Größe (Form) sowie der ihnen auf der Netzhaut zukommenden Größe (Form). Ich will hier ausführen, daß für einen gewissen Umkreis der Farbenerlebnisse die Bildung dreier ganz analoger Begriffe möglich ist, die zweckmäßigerweise in der vorliegenden Arbeit Anwendung finden können. Den ersten Begriff der eigentlichen Farbe eines Objektes finden wir bereits als häufig gebrauchten vor.[1] Wir könnten, um die Analogie zu den Verhältnissen der räumlichen Wahrnehmung zu betonen, statt von der eigentlichen auch von der wahren Farbe der Objekte sprechen. Ein anderer der gesuchten Begriffe liegt schon in dem Begriff der einem Farbeneindruck nach Qualität und Intensität entsprechenden Netzhauterregung vor; wir wollen auch für ihn eine kurze Bezeichnung einführen, wir sprechen von dieser Netzhauterregung als von der „physiologischen" Farbe. Wie in der Raumanalyse das „projektivische"[2] Bild die wesent-

---

[1] Er wird meist in dem von uns auf S. 90 ff. definierten Sinn gebraucht.

[2] Diesen Terminus entnehme ich einer Arbeit von W. Poppelreuter. Über die Bedeutung der scheinbaren Größe und Gestalt für die Gesichts-

lichen Züge des Netzhautbildes eines Objektes aufweist, so vermag über die „physiologische" Farbe einer Farbenwahrnehmung das oben angegebene Mittel der vollständigen Reduktion einige Auskunft zu gewähren. Bleibt noch ein der scheinbaren Größe entsprechender Begriff der s c h e i n b a r e n Farbe einzuführen, was am ehesten gelingt, wenn wir auf unsere Versuche im Dunkelzimmer zurückgreifen. Bringe ich eine tonfreie Fläche nacheinander in verschiedene Entfernungen von der Lichtquelle, so bin ich mir dessen wohl bewußt, daß ich die dabei beobachtete farbige Änderung nur als eine s c h e i n b a r e aufzufassen habe; ich weiß, daß sich unter diesen Umständen die „eigentliche", die „wahre" Farbe der Farbenfläche nicht ändert, Weiß bleibt Weiß, Schwarz bleibt Schwarz. Wie bei der Entfernungsänderung eines Objektes seine wahre Größe erhalten bleibt, so erleidet auch hier bei der Verschiebung die Farbenfläche in ihrer „wahren" farbigen Qualität keine Änderung. Der wahrgenommenen scheinbaren Größenänderung dort entspricht hier die wahrgenommene scheinbare Farbenänderung. Die jeweils bei beliebiger Beleuchtung vorliegende, unmittelbar erlebte (n i c h t erschlossene) Farbe eines Papieres mit ihrer Qualität und Ausgeprägtheit wollen wir als seine „scheinbare" Farbe bezeichnen. Die drei aus der Raumpsychologie angeführten Größen bilden die Grundlage für gewisse Betrachtungen der Raumperspektive. Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß sich uns für die Oberflächenfarben bei der Darbietung unter bestimmten räumlichen Verhältnissen drei analoge Begriffe in ungezwungener Weise ergaben, könnte man auf das gesamte Gebiet der farbigen Erscheinungen, in dem diese drei Begriffe eine Rolle spielen, die Bezeichnung „Lichtperspektive" anwenden.[1] Die farbigen Erscheinungen, die wir hier im Auge

---

wahrnehmung. Zeitschr. f. Psych. Abt. II. Bd. 54, 1910, S. 317. Über die Konstruktion des projektivischen Bildes vgl. auch G. HAUCK. Die malerische Perspektive. Berlin 1882. S. 11 ff.

[1] Unter der Bezeichnung „Luftperspektive" fassen die Maler für gewöhnlich die b u n t f a r b i g e n Änderungen der Objekte zusammen, die sich an ihnen geltend machen, wenn man sie im Freien in verschiedene Entfernungen bringt. Sie sind ihrem ganzen Wesen nach verschieden von den Erscheinungen, die wir hier im Auge haben. Die Luftperspektive betrifft vor allem Änderungen der b u n t f a r b i g e n Qualität, während wir in erster Linie an Änderungen der A u s g e p r ä g t h e i t von Qualitäten denken. Bei der Luftperspektive sind in Absorptionsverhältnissen der Luft, bei der Lichtperspektive in den Gesetzen der Lichtausbreitung die verursachenden Momente zu sehen. Diese Unterschiede berechtigen

haben, treten indessen zuweilen auch unabhängig von bestimmten räumlichen Anordnungen ein. Von Lichtperspektive werden wir nur dann sprechen, wenn eine Abhängigkeit der letzteren Art wenigstens mit im Spiele ist.

„Eigentliche" Farbe und „normale" Beleuchtung von Gegenständen.

Die eigentliche Farbe eines Gegenstandes glauben wir nur unter ganz bestimmten Beleuchtungsverhältnissen in Reinheit zu erfassen. Wir erkennen weder eingebrochene Dämmerung als für dieses Erfassen günstig an, noch werden wir es zweckmäßig finden, den Gegenstand, dessen eigentliche Farbe wir uns zur Anschauung bringen wollen, in das direkte Sonnenlicht zu halten. Man wird im allgemeinen eine Beleuchtungsstärke wählen, wie sie etwa im Freien bei leichtbewölktem Himmel gegeben ist, und zwar wird man diese Beleuchtung stets wählen, welchem Gebiet der Helligkeitsskala die tonfreie oder bunte Farbe des betreffenden Gegenstandes auch angehören mag. Eine Beleuchtungsstärke dieser Größenordnung wollen wir als eine normale Beleuchtungsstärke bezeichnen.[1] Man wird zunächst versuchen, das Ausgezeichnete dieser Beleuchtungsstärke in Momenten der Farbmaterie (s. deren Definition auf S. 32) der farbigen Eindrücke zu entdecken. Doch muß man bei eingehender Prüfung diesen Gedanken wieder fallen lassen, da die Farbenerlebnisse bei normaler Beleuchtung betreffs der Momente ihrer Farbmaterie (wie sie sich bei vollständiger Reduktion ergeben) vor den Farbenerlebnissen, die sich bei anderen Beleuchtungsstärken einstellen, durchaus nichts voraus haben. Das einzige Moment der Farbmaterie, wodurch ein Farbeneindruck sich seinem absoluten Eindruck nach von anderen auszuzeichnen vermag, ist das einer besonders hohen oder besonders niedrigen Eindringlichkeit. Die Beleuchtungsstärke, bei der die Farben eine hohe Eindringlichkeit gewinnen, ist nicht die der normalen Beleuchtung, sondern einer solchen, welche ihr überlegen

---

uns vollauf zur Unterscheidung der verschiedenen Erscheinungsgebiete in terminologischer Beziehung.

[1] Praktisch ist sie natürlich nicht durch einen bestimmten Wert, sondern durch ein gewisses Wertgebiet gegeben. Wir haben im folgenden überall, wo wir der Einfachheit der Darstellung wegen von der normalen Beleuchtungsstärke sprechen, dieses Gebiet der Beleuchtungsstärken im Auge.

ist. Die niedrigste Eindringlichkeit aller Farben hat das subjektive Augengrau. Vielleicht ist die Bemerkung nicht überflüssig, daß man niemals einer vorgelegten Farbe allgemein so etwas wie ein Merkmal der Deutlichkeit zuerkennen darf. Wenn ich ein gesättigtes, wenig Blau enthaltendes Rot vor mir habe, so kann ich im Hinblick auf seine Rotkomponente von Deutlichkeit, im Hinblick auf seine blaue oder tonfreie Komponente von Undeutlichkeit sprechen. Es würde aber keinen Sinn haben, allgemein unter Ausschluß eines Vergleichs mit empirisch aufgestellten oder fingierten Farbenreihen (also unter Ausschluß jeder Frage nach Rötlichkeit, Weißlichkeit usw.) von einer deutlichen oder undeutlichen Farbe zu sprechen. Diese Betrachtung soll der irrtümlichen Meinung vorbeugen, daß die Farbwerte der Farben der Objekte bei normaler Beleuchtung einen besonderen Grad der Deutlichkeit besitzen.

Die „normale" Beleuchtungsstärke erhält von einer anderen Seite als von seiten der bei ihrem Vorhandensein wahrgenommenen Farbwerte ihre ausgezeichnete Stelle zugewiesen. Selbst Oberflächen, denen wir die größte Gleichmäßigkeit der Färbung, die wir in unserer Erfahrung antreffen, zuerkennen, besitzen kleinste farbige Verschiedenheiten. Minimale Unebenheiten der Oberfläche bewirken Unterschiede in der Reflexion des auf sie treffenden Lichtes und erwecken so den Eindruck jener feinsten Körnung, die wir noch an den Dingen wahrnehmen. Für die richtige Beurteilung der uns umgebenden Objekte ist die Erfassung des Materials, aus dem sie bestehen, von großer Wichtigkeit. Da das Auge nicht in undurchsichtige Gegenstände einzudringen vermag, muß es sich, soweit es überhaupt über das Material der Objekte Auskunft erlangen will, an Artungen ihrer Oberflächenstruktur halten. Diese bietet sich unter ganz bestimmten Beleuchtungsverhältnissen am deutlichsten dar, und so werden wir uns denn daran gewöhnen, die Objekte, die wir überhaupt in ihren stofflichen Eigenschaften erfassen wollen, unter Beleuchtungsverhältnisse zu bringen, die optimal sind für die Erfassung der Oberflächenstruktur. Nur die Farbenerlebnisse der Objekte, die unter also ausgezeichneten Beleuchtungsverhältnissen eintreten, haben Aussicht darauf, vor den anderen Farbenerlebnissen eine Auszeichnung durch das Bewußtsein zu erhalten. Sie fungieren als die eigentlichen Farben der Objekte und gewinnen so einen besonderen Erkenntniswert. Wir brauchen dem-

nach nur die Frage zu beantworten, welche Beleuchtungsverhältnisse die Wahrnehmung von Oberflächenstrukturen am meisten begünstigen. Die Struktur einer Oberfläche baut sich letzten Endes aus gewissen Formelementen auf. Daß es für das Erkennen von Formen eine optimale Beleuchtung gibt, können wir Untersuchungen HERINGS entnehmen. „Nur bei einem bestimmten Ausmaß der Beleuchtung, welches man als das absolute Optimum der Dauerbeleuchtung bezeichnen kann, erreicht nach erfolgter Anpassung die Deutlichkeit des Sehens ihr absolutes Maximum. Für verschiedene Augen aber ist jenes absolute Optimum ein verschiedenes, weil individuelle Eigentümlichkeiten für dasselbe mitbestimmend sind. Jeder wird aus eigener Erfahrung wissen, daß es für sein Auge ein Ausmaß der Dauerbeleuchtung gibt, bei welchem er am deutlichsten sieht, die Dinge am mühelosesten unterscheidet und am meisten Einzelheiten an denselben wahrnimmt, und daß jede erheblich unter diesem Optimum zurückbleibende oder über dasselbe hinausgehende Dauerbeleuchtung die Deutlichkeit des Sehens merklich beeinträchtigt."[1] Ich gehe wohl nicht fehl in der Annahme, daß für die meisten mit normalem Lichtsinn bebegabten Individuen das absolute Optimum der Dauerbeleuchtung bei der auf S. 90 charakterisierten Beleuchtung gelegen ist. Auf Grund der HERINGschen Ausführungen dürfen wir annehmen, daß wie die optimale Dauerbeleuchtung auch die eigentliche Farbe der Objekte in dem von uns definierten Sinne von jenen von HERING erwähnten individuellen Eigentümlichkeiten abhängig ist. Macht die normale Beleuchtungsstärke einer höheren oder niedrigeren Platz, so bieten sich mit dem Zurücktreten der Feinheiten der Oberflächenstruktur nicht mehr die eigentlichen Farben der Objekte dar. Wir werden geneigt sein, aus der Wahrnehmbarkeit einer Oberflächenstruktur bis in ihre subtilsten Feinheiten auch dann auf die normale Beleuchtung zu schließen, wenn andere Faktoren, die sonst eine Erkennung der Beleuchtungsverhältnisse herbeiführen, nicht vorhanden sind oder künstlich ausgeschlossen wurden. (Siehe die im § 28 bei Ausschluß des peripheren Sehens ausgeführten Beobachtungen.) Ein Verschwimmen der Oberflächenstruktur wird unter den natürlichen Verhältnissen des Lebens viel häufiger und in

---

[1] HERING VI, S. 73. Vgl. hierzu auch HELMHOLTZ' „Lichtstärke größter Klarheit" und deren Beziehung zum WEBERschen Gesetz. HELMHOLTZ II, S. 394.

auffälligerem Grade infolge Herabsetzung als Heraufsetzung der Beleuchtungsstärke eintreten. In der Mehrzahl der Fälle läßt die Wahrnehmung eines Verschwommenseins der Oberflächenstruktur bei Ausschluß der Faktoren, welche für gewöhnlich den Eindruck der Beleuchtungsstärke bestimmen, mit hoher Wahrscheinlichkeit den Schluß auf eine herabgesetzte Beleuchtungsstärke zu. Wirklich ganz eindeutig von den Beziehungen zwischen Beleuchtungsstärke und Deutlichkeitsgrad der Oberflächenstruktur ist nur die der normalen Beleuchtungsstärke und des maximalen Deutlichkeitsgrades.[1] Wir lernen später (§ 37) einen Faktor kennen, der für die Erfassung der absoluten Beleuchtungsstärke eines Gesichtsfeldes maßgebend ist. Wenn der Deutlichkeitsgrad, in dem die Oberflächenstruktur erscheint, hierfür kein eindeutiges Maß abgibt, so setzt er doch ein Motiv, die Beleuchtung innerhalb des ganzen Sehfeldes oder eines Bezirkes desselben, soweit darin der gleiche Grad der Deutlichkeit resp. Verschwommenheit der Oberflächenstruktur der Gegenstände vorhanden ist, als die gleiche aufzufassen. Dieses Motiv werden wir in zahlreichen Fällen von Beleuchtungsauffassungen in Wirksamkeit treten sehen.

Gegen unsere Ableitung, daß das, was wir normale Beleuchtung eines Objektes nennen, durch den maximalen Deutlichkeitsgrad seiner Oberflächenstruktur festgelegt sei, darf man natürlich nicht einwenden, daß dieser Deutlichkeitsgrad von der Entfernung abhänge, aus der das Auge auf das farbige Objekt blickt und daß somit die Beurteilung einer Beleuchtung als normal den Zufälligkeiten jener Entfernung unterworfen sei. Denn wir meinen selbstverständlich Maximum desDeutlichkeitsgrades bei sonst gleichenUmständen, d. h. bei gleichen Entfernungen der Oberflächen von dem betrachtenden Auge. Bei der Einschätzung des Deutlichkeitsgrades der Oberflächenstruktur tragen wir der Wirkung, welche eine verschiedene Entfernung auf denselben ausübt, weitgehend Rechnung. Mit dem Ausdruck Oberflächenstruktur soll nicht dasjenige innere Gefüge der Gegenstände getroffen werden, das uns Auskunft darüber gibt, aus welchem Material ein Gegenstand besteht. Wir sehen einem Objekt an, ob es aus Holz, Stein oder Tuch gebildet ist, oder welche stoffliche Eigentümlichkeit sonst es besitzt, ja, wir erkennen

[1] „Um ein ungetrübtes Urteil (über die Farben) zu bewahren, müssen wir uns eigentlich immer unter einer mittleren Beleuchtung befinden.“ O. N. Rood. Die moderne Farbenlehre. Leipzig 1880. S. 222.

bei einiger Übung auch die Holzart, Steinart usw.[1] Das, was im Eindruck zur Erkennung des verschiedenen Materials führt, ist, wenn ich so sagen darf, erst aufgebaut auf jenem Eindruck der Oberflächenstruktur, der bei allen Substanzen gemeinsam den Hinweis auf „Materialität" als solche gibt.[2] Wir haben hier die kleinsten noch wahrnehmbaren, aus minimalen Farbenunterschieden der Fläche resultierenden Formelemente im Auge, aus deren Integration sozusagen der Eindruck der stofflichen Oberfläche hervorgeht. Wir wissen aus Erfahrung, daß mit größer werdendem Abstand diese Formelemente an Deutlichkeit Einbuße erleiden oder auch ganz verschwinden. An ihre Stelle treten andere Momente, um das Bewußtsein der Stofflichkeit zu erhalten, feinere oder auch gröbere Konturen, die selbst wieder je nach der Entfernung in verschiedenem Deutlichkeitsgrad erscheinen. Schließlich verbürgt vielleicht nur noch ein verwaschener Umriß eines Objektes seine Auffassung als materielles Ding. Wir gehen an die Betrachtung eines Objektes, das sich uns bei normaler Beleuchtung darbietet, auf Grund tausendfältiger Erfahrung mit ganz verschiedenen Ansprüchen an die Deutlichkeit seiner Oberflächenstruktur oder der anderen für seine Materialität konstruktiven Merkmale heran, je nach der Entfernung, in der sich das Ding darbietet. Wo im folgenden davon die Rede ist, daß sich das Urteil über farbige Verhältnisse auf Deutlichkeitsgrade der Oberflächenstruktur stützt, ist nicht jedesmal ausdrücklich hinzugesetzt, daß die Entfernung der Oberflächen hierbei Berücksichtigung gefunden hat.

Die Deutlichkeit, mit der die Oberflächenstruktur eines Objektes gesehen wird, kann gleich Null werden, ohne daß der Eindruck der Oberflächenfarbe verschwindet. Eine ferne Hauswand braucht von Oberflächenstruktur nicht mehr zu zeigen als die blaue Himmelsfläche; doch wird sie wegen ihrer Auffassung als so und so geartetes Ding, die in erster Linie durch ihre einrahmenden Konturen gewähr-

---

[1] Vorausgesetzt ist hier sowie für alle folgenden Betrachtungen ein emmetropisches oder durch ein Glas korrigiertes ametropisches Auge. Wir bewegen uns hier ganz im Phänomenologischen. Es kommt uns darauf an, daß der E i n d r u c k von Holz, Tuch usw. vorhanden ist. Ob wirklich eine solche Substanz vorliegt, darüber ist nichts vorausgesetzt.

[2] Bringt man auf dieselbe Unterlage kleinste Teilchen aus verschiedenem Material (Holz, Papier, Stein, Kohle), so erkennt man zwar noch stoffliche Teilchen, man erkennt aber nicht mehr das Material, aus dem diese bestehen.

leistet wird, der Oberflächenfarbe näher stehen als die Himmelsfarbe. Allerdings muß ich hinzufügen, daß der Eindruck der prägnanten Oberflächenfarbe an die Wahrnehmung einer Oberflächenstruktur gebunden ist. Jener Eindruck ist darum in jedem Fall, wo die Deutlichkeit der Struktur, sei es durch größere Entfernung der Farbenfläche, sei es durch die Besonderheit der Beleuchtung, herabgesetzt ist, der Flächenfarbe mehr oder weniger angenähert, wofür sich in diesen und jenen unserer Versuche Belege ergeben werden.

Es sei ein Gegenstand gegeben, der bei normaler Beleuchtung eine dunkle Farbe besitzt, wie z B. ein schwarzer Hut. Setzen wir seine Beleuchtungsstärke herab, so kann das Schwarz, das wir nun wahrnehmen, von größerer Ausgeprägtheit sein als das Schwarz des Hutes bei normaler Beleuchtung. Wir schreiben dem Hut nicht dieses Schwarz höherer Ausgeprägtheit als seine eigentliche Farbe zu, sondern glauben dieselbe nur bei normaler Beleuchtung in dem Schwarz niedrigerer Ausgeprägtheit zu erfassen. Ein weißes Papier zeigt seine eigentliche Farbe nicht im Sonnenlicht, wo das Weiß von viel höherer Ausgeprägtheit sein kann als bei normaler Beleuchtung. Diese Ausführungen sollten zeigen, daß die eigentliche Farbe eines Gegenstandes durchaus nicht immer bei der Beleuchtungsstärke wahrgenommen wird, bei der sie eine höhere Ausgeprägtheit besitzt.

Die Beleuchtungsstärke, der wir in den vorstehenden Ausführungen den Vorzug der Normalität einräumten, ist auch die bei der Betrachtung der Objekte zeitlich vorherrschende. Man könnte darum auch daran denken, diejenige Beleuchtungsstärke als die normale zu definieren, die bei der Betrachtung der Objekte zeitlich vorherrscht und als eigentliche Farben der Objekte diejenigen Farben anzusehen, mit denen wir diese Objekte überwiegend häufig wahrnehmen. Ich räume dem zeitlichen Vorherrschen der normalen Beleuchtung einen gewissen Einfluß ein, um ihre ausgezeichnete Stellung zu erklären. Doch lassen sich eine ganze Reihe von Beobachtungen nur schwer verstehen (s. z. B. § 23), wenn man nicht annimmt, daß die normale Beleuchtung im Deutlichkeitsgrad der Oberflächenstruktur verankert sei.[1] Das zeitliche Übergewicht der normalen Beleuchtung über andere Beleuchtungsstärken ist nicht ein solches, daß es allein deren ausgezeichnete Stellung erklären könnte, wohl aber scheint mir das

[1] Natürlich dürfen wir annehmen, daß eine gesetzmäßige Beziehung zwischen der bei normaler Beleuchtung im Gesichtsfeld vorhandenen Lichtstärke und der optimalen Leistung im Erkennen von Formelementen bei dieser Lichtstärke besteht. Auf deren Erklärung gehen wir hier nicht ein.

zeitliche Übergewicht der (wesentlich) tonfreien Tagesbeleuchtung über die im Leben vorkommenden buntfarbigen Beleuchtungsarten ein derartiges zu sein, daß daraus unser Verhalten verständlich wird, den Objekten als eigentliche Farben diejenigen zuzuschreiben, welche sie bei einer bestimmten tonfreien Tagesbeleuchtung aufweisen. Die qualitativen Schwankungen, welche das Tageslicht im Laufe eines Tages erfährt, sind gegenüber den beträchtlichen Änderungen seiner Intensität von geringer Bedeutung.[1] Natürliche buntfarbige Beleuchtungsarten hoher Stärke gehören zu den Seltenheiten. Die meisten unserer künstlichen Lichtquellen besitzen respektable bunte Valenzen, sie dienen indessen nur während eines verhältnismäßig geringen Bruchteils der Zeit, während der wir den Objekten überhaupt zugewandt sind, als Beleuchtungsquellen.

Beleuchte ich dasselbe tonfreie oder bunte Papier teils mit Tageslicht, teils mit buntem künstlichem Licht, sodaß seine durch verschiedenes Licht beleuchteten Teile denselben Helligkeitseindruck machen, so glaube ich im allgemeinen bei helladaptiertem Auge an dem von dem Tageslicht getroffenen Teil die Oberflächenstruktur in einem höheren Grade der Deutlichkeit zu sehen. Am besten eignet sich für diese Beobachtung ein mit dem betreffenden Papier überzogener Keil (wie er sich in dem BOUGUERschen Photometer befindet), dessen eine Wand einer mit bunten Gelatineplatten versehenen künstlichen Lichtquelle zugewandt ist, während die andere von dem Tageslicht getroffen wird. Man muß für eine angemessene Entfernung des Auges von der Papierfläche Sorge tragen. Das Tageslicht scheint somit auch nach dem Kriterium, welches wir oben für die normale Beleuchtung (die für die Wahrnehmung der Oberflächenstruktur günstigste) aufgestellt haben, als normal gegenüber anderen Beleuchtungsqualitäten bezeichnet werden zu dürfen. Wo im folgenden Mißverständnisse der Bezeichnung normale Beleuchtung möglich sind, werden wir stets ausdrücklich hinzufügen: in bezug auf Beleuchtungsstärke, auf Beleuchtungsqualität.

Nach unseren Ausführungen wird es verständlich, warum es jeder ablehnt, über die Farbe eines bei künstlicher Beleuchtung dargebotenen Gegenstandes ein bindendes Urteil abzugeben, selbst wenn die Beleuchtungs stärke durchaus nicht niedrig ist. Wir werden später (§ 38) darlegen, welche Bedeutung die Änderung des Deutlichkeitsgrades der Oberflächenstruktur bei buntfarbiger Beleuchtung für die Auffassung der letzteren besitzt.

Ich will hier nicht verfolgen, welcher Zusammenhang zwischen der Deutlichkeit in der Wahrnehmung der Oberflächenstruktur und dem Gang der Sehschärfe, soweit er durch die bekannten Kriterien ermittelt worden ist, bei derselben qualitativen oder quantitativen oder qualitativen und quantitativen Variation der Beleuchtung besteht. Die meisten von den

[1] Vgl. hierzu MÜLLER I, S. 410.

neueren, methodisch einwandfreien Versuchen über diese Verhältnisse sind mit nahezu monochromatischer Beleuchtung angestellt. Es herrscht aber keine volle Einstimmigkeit selbst in den Resultaten, die bei ähnlichen Bedingungen gewonnen worden sind. Während z. B. A. BOLTUNOW [1] die kleinste Sehschärfe für Rot, die mittlere für Grün und die größte für Weiß fand (bei flimmergleicher Helligkeit dieser drei Farben), fand L. LÖSER [2] die Sehschärfe im Grün der im Weiß eher überlegen.

Es ist zu erwarten, etwas dem Gebiet der normalen Beleuchtung und den eigentlichen Farben von Objekten Entsprechendes für die Entfernungen und Größen von Objekten anzutreffen. Offenbar bringen wir verschieden große Gegenstände in ganz verschiedene Entfernungen, wenn wir die Absicht haben, sie in ihrer „eigentlichen Größe" zu erfassen. Ein Objekt von der Länge eines Zentimeters bringen wir in größere Nähe als ein solches von 1 m Länge. Gilt es, die Größe eines Turmes zu erkennen, so werden wir unseren Standpunkt in größere Entfernung verlegen, als wenn wir vor die Aufgabe gestellt sind, die Höhe eines Hauses zu überblicken. Soweit ich sehen kann, ist man bis jetzt kaum auf derlei Fragen eingegangen. Ich bin auf sie schon früher bei Gelegenheit einer anderen Arbeit [3] gestoßen, in der ich auch auseinandergesetzt habe, welche Momente bei der Bestimmung unserer Auffassung von der eigentlichen Größe der Objekte mitwirken. Ich schlage für die Entfernung, in welche die Objekte zur bequemen Auffassung ihrer Größe gebracht werden, den Terminus „adäquate Entfernung" vor. In dieser Entfernung gelingt die Erfassung ihrer eigentlichen Größe am leichtesten. Die Untersuchung dieser Verhältnisse gehört in eine Phänomenologie des Raumes. Den Versuch zu einer solchen Phänomenologie hat W. POPPELREUTER (in der auf S. 88 zitierten Arbeit) unternommen. Allerdings vermisse ich auch bei ihm eine Berührung dieser Punkte.[4]

Reduktion von Farbeneindrücken auf dieselbe Beleuchtung. In der vollständigen Reduktion, so wie sie oben (§ 4) angewendet wurde, war ein Instrument zur Vereinheitlichung der Erscheinungsweisen

---

[1] Über die Sehschärfe im farbigen Licht. Zeitschr. f. Sinnesphysiol. Bd. 42, 1908.

[2] Das Verhalten der Sehschärfe im farbigen Licht. Arch. f. Ophth. Bd. 69, 1909.

[3] Ein Beitrag zur Kenntnis der Kinderzeichnungen. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 41, 1906, S. 255.

[4] Ich benutze diese Gelegenheit, um den Vorwurf eines fundamentalen Fehlers, den POPPELREUTER (a. a. O. S. 354) meiner Arbeit über die Kinderzeichnungen gemacht hat, zurückzuweisen. Ich ging von der im Laufe der Untersuchung erhärteten Annahme aus, daß das durch das Netzhautbild ausgelöste Erlebnis (die Empfindung) infolge der Erfahrung eine zentrale Transformation erleide und stellte jenem primitiven Empfindungszustand das auf Grund desselben „Gemeinte" gegenüber. P. verbindet mit dem Begriff Empfindung einen anderen Sinn, als ich in meiner Arbeit damit verband.

der Farbeneindrücke gegeben (Zurückführung aller Farbeneindrücke heterogener Erscheinungsweisen auf Flächenfarben). Nachdem uns die Tatsache der sekundären Erscheinungsweisen der Oberflächenfarben hat erkennen lassen, welche Bedeutung der wahrgenommenen Beleuchtungsstärke für die Farbenwahrnehmung zukommt, ist es uns gestattet, in der vollständigen Reduktion gleichzeitig das Mittel zur Vereinheitlichung der Beleuchtungsverhältnisse zu sehen. Sie läßt die Flächenfarben in einem Gesichtsfeld derselben Beleuchtungsstärke, genauer gesagt, der des reduzierenden Schirmes erscheinen; im Hinblick auf diesen Effekt der vollständigen Reduktion wollen wir von einer Reduktion auf dieselbe Beleuchtung sprechen. Zwei Oberflächenfarben (sekundär) verschiedener Erscheinungsweise erscheinen zwar nach vollständiger Reduktion überhaupt nicht mehr beleuchtet, sie erscheinen aber auch nicht mehr verschieden beleuchtet. Wir müssen bedenken, daß wir bei der Reduktion wenigstens den reduzierenden Schirm in einer bestimmten Beleuchtung wahrnehmen. Wir können also wohl durch einen reduzierenden Schirm eine bestimmte Beleuchtung verdecken, wir können aber, solange überhaupt Oberflächenfarben im Gesichtsfeld vorhanden sind, niemals die Beleuchtung völlig eliminieren. Es wäre demnach voreilig, zu behaupten, das, was wir bei vollständiger Reduktion eines Farbeneindrucks zu sehen bekommen, sei allein ausgelöst durch dessen isolierte periphere Erregung, stets ist zu bedenken, daß die gerade im Gesichtsfeld wahrgenommene Beleuchtung kein vernachlässigbarer Faktor zu sein braucht. Diese vorsichtige Stellungnahme wird nicht dadurch überflüssig gemacht, daß die durch die Reduktion erzielte Vereinheitlichung der Beleuchtung in unseren Versuchen meist nach einer Beleuchtung hinzielt, die wir als die normalere oder auch schlechthin als die nach unserer Definition normale[1] bezeichnen können. Warum sollte die normale Beleuchtung keine Wirkung auf die Farbenwahrnehmung ausüben? Wir bemerken übrigens schon hier, daß Vereinheitlichung der Beleuchtung nach einer anderen Richtung auch möglich ist und von uns später angewandt werden wird.

---

[1] In diesem Falle sprechen wir von der Reduktion eines Farbeneindrucks auf die normale Beleuchtung.

§ 9. Messende Versuche über Lichtperspektive bei Tagesbeleuchtung.

Künstliche Lichtquellen besitzen meist gegenüber dem wesentlich weißen Tageslicht eine deutliche Buntfärbung. Bei dem Gasglühlicht, das in unseren obigen Versuchen zur Beleuchtung diente, ging sie ins Rötlich-Gelbe.[1] Es handelte sich demnach bei unseren Beobachtungen im Dunkelzimmer eigentlich nicht um ganz tonfreie Farben, sondern um solche, die eine rötlich-gelbe Tönung besaßen. Weil diese Färbung infolge der chromatischen Anpassung nicht als sehr beträchtlich anzusehen war, weil andererseits eine schwache gleichmäßige Tönung aller verwandten Farben die beobachtete Gesetzmäßigkeit nicht wesentlich treffen konnte, glaubte ich in der obigen Darstellung von der vorhandenen Buntfärbung zunächst absehen zu dürfen. Ich hielt es aber für richtiger, auch noch messende Versuche bei Tagesbeleuchtung anzustellen. Man muß darauf bedacht sein, Beleuchtungsverhältnisse bei Tageslicht zu gewinnen, die denen bei den Beobachtungen im Dunkelzimmer gleich oder ähnlich sind. In einem Zimmer von gewisser Tiefe, das sein Licht von einem nicht zu großen Fenster erhält, herrscht eine ähnliche Lichtverteilung, wie sie im künstlich erleuchteten Dunkelzimmer gegeben ist. In einem solchen Zimmer nimmt die Beleuchtungsstärke einer Farbenfläche mit der Entfernung vom Fenster ab, wenn die Abnahme wegen der nichtpunktförmigen Lichtquelle auch nicht einfach proportional mit dem Quadrate des Abstandes von dem Fenster stattfindet. Auch ist die Lichtreflexion an den Wänden des Zimmers zu berücksichtigen. Hieraus folgt aber nur, daß, wenn eine Bestimmung von Lichtstärken nötig wird, an die Stelle der einfachen Berechnung derselben ihre photometrische Bestimmung zu treten hat. Die Farben von Flächen desselben Papieres erscheinen im Freien bei Betrachtung aus verschiedenen Entfernungen annähernd gleich hell und gleich ausgeprägt, weil die Lichtverteilung dort eine wesentlich gleichmäßige ist.[2] Mit dem Eintritt der Erscheinungen der Lichtperspektive läßt sich also für Tageslicht nur in dem angegebenen Fall des einseitig beleuchteten Raumes rechnen. Der Begriff der

---

[1] Manche Glühkörper senden ein mehr ins Grünlich-Gelbe gehendes Licht aus.

[2] Vgl. hierzu auch JAENSCH I, S. 8.

normalen Beleuchtung behält seinen guten Sinn auch für Fälle, wo man von Lichtperspektive nicht mehr sprechen kann und wird uns bei Betrachtung der Beziehungen zwischen den verschiedenen Stärkegraden der Tagesbeleuchtung und den Oberflächenfarben weiterführen.

Wir beginnen mit dem Bericht über die Versuche, die man noch im eigentlichen Sinne als Versuche über Lichtperspektive bei Tagesbeleuchtung bezeichnen kann. Die Versuche wurden in einem Zimmer mit zwei Fenstern angestellt, von denen das eine durch einen Rollvorhang vollständig verdeckt war. Die Versuchsergebnisse zeigten eine größere Prägnanz, wenn die im Zimmer herrschende Beleuchtungsintensität durch ein teilweises Herablassen des Rollvorhanges auch des anderen Fensters noch weiter herabgesetzt wurde. Durch kleine Verschiebungen dieses Vorhangs ließ es sich erzielen, daß bei verschieden stark bewölktem Himmel die im Zimmer herrschende Beleuchtungsstärke doch ungefähr die gleiche blieb. Bei Sonnenschein erlitten die Beleuchtungsverhältnisse im Zimmer eine so starke Änderung, daß während desselben Versuche nicht angestellt werden konnten. Es fand zunächst eine Beschränkung auf zwei Beleuchtungsintensitäten der Oberflächenfarben statt, doch wurde dafür die Betrachtung auf eine größere Anzahl von Gliedern der S-W-Reihe ausgedehnt.

Versuchsanordnung II. Der Beobachter sitzt in der Nähe des Fensters F_2, das nur teilweise vom Rollvorhang

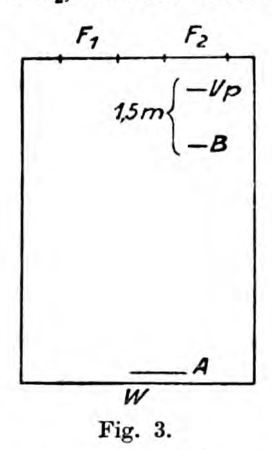


Fig. 3.

bedeckt ist (s. Fig. 3). In einer Entfernung von ungefähr 1,5 m vom Fenster steht, annähernd normal beleuchtet, ein Farben-

kreisel B. Auf ihm lassen sich beliebige Farben mit beliebigem Hintergrund einstellen. Dicht an der Wand W des Zimmers befindet sich ein zweiter Kreisel A. Der auf ihm eingestellten Farbe dient als Hintergrund eine hellgraue Fläche, die die Wand W bedeckt. Die Entfernung zwischen A und dem Fenster beträgt ungefähr 5 m. Bei allen Versuchen wird der Hintergrund von Scheibe B [1] an Lichtstärke dem von Scheibe A [1] gleichgemacht. Die Scheibe B, welche als Vergleichsscheibe dient, hat einen Durchmesser von ungefähr 10 cm. Der Durchmesser der Scheibe A ist so groß gewählt worden, daß sie annähernd unter gleich großem Sehwinkel erscheint wie B. Es ist diese Maßnahme zur Erzielung der Gleichheit der Kontrastverhältnisse für beide Scheiben getroffen worden. Die tonfreien Papiere auf Kreisel A (Hauptscheibe) besitzen für manche Vpn einen Stich ins Gelblich-Rötliche. Soweit dies der Fall ist, wird für Scheibe B durch Zusatz von Rot und Gelb der nämliche bunte Farbenton hergestellt; die W-Valenzen dieser bunten Farben sind an den in Betracht kommenden Stellen berücksichtigt worden.

Instruktion: Auf Kreisel A ist eine bestimmte tonfreie Farbe, ein Weiß, ein Hellgrau usw. eingestellt. Es besteht die Aufgabe, auf Kreisel B ein Weiß, Hellgrau usw. gleicher Qualität einzustellen. Es soll nur auf Grund des unmittelbaren Eindrucks der wahrgenommenen Farben, nicht auf Grund irgendeiner Reflexion über die Art der Beleuchtung der Scheiben geurteilt werden. Ich überzeugte mich natürlich wiederholt davon, ob die Instruktion richtig verstanden worden war und auch konsequent befolgt wurde. Als Methode diente die Grenzmethode mit auf- und absteigendem Verfahren. Die Hauptwerte stellen arithmetische Mittel von drei oberen und drei unteren sehr sorgfältig eingestellten Grenzwerten dar. An dieser verhältnismäßig kleinen Versuchszahl mag es in erster Linie liegen, daß die buntfarbigen Werte, soweit ihre Feststellung notwendig wurde, noch unter einer gewissen Unausgeglichenheit leiden. Die erhaltenen W-Werte genügen aber, um von der vorhandenen Gesetzmäßigkeit ein im wesentlichen wohl zutreffendes Bild zu geben. Dafür spricht auch der übereinstimmende Gang der Resultate bei

[1] Hier und im folgenden als Abkürzung für Scheibe auf Kreisel B, Scheibe auf Kreisel A gebraucht.

den verschiedenen Beobachtern. Auf die Angabe von Streuungen habe ich wegen der kleinen Versuchszahl verzichtet. Sie sind ziemlich beträchtlich, was mit der Schwierigkeit der Einstellungen zusammenhängen mag. Sie haben die Größenordnung von Streuungen, die ich in ähnlichen späteren Versuchen anführen werde (§ 14). Soweit chromatische Zusätze auf Scheibe B notwendig waren, wurden sie nach Erreichung der gleichen Helligkeit eingestellt. Bei allen Versuchen mit Ausnahme der letzten (bei Vp. K und Vp. L Nr. 11, bei Vp. M Nr. 15, bei Vp. N Nr. 16) wurde die Helligkeit von Scheibe B verändert, auf A eine feste Helligkeit eingestellt. Bei diesen letzten Versuchen wurden auf Scheibe B 360° S oder annähernd 358° S und 1°—2° Rot und Gelb eingestellt und Scheibe A wurde verändert.

Es war wichtig, die in unserem Versuchszimmer herrschenden Beleuchtungsverhältnisse zahlenmäßig zu charakterisieren, auch aus dem Grunde, um sie mit denen des Dunkelzimmers vergleichen zu können. Wie schon gesagt, können wir die bei B herrschende Beleuchtung als annähernd normal ansehen. Um die Dämpfung zu ermitteln, welche das Licht auf dem Wege von Kreisel B nach Kreisel A erfährt, montierte ich auf A eine Scheibe von 360° W und stellte auf B einen ihr vollkommen gleichen Farbeneindruck her, indem ich sowohl für Scheibe A wie für Scheibe B die Reduktion durch einen Doppelschirm vornahm. Die Einstellung auf B ergab: 17° Weiß, 4° Orange, 339° Schwarz. Unter Berücksichtigung der W-Valenzen des farbigen Sektors sowie des Tuchschwarz ergibt sich aus dieser Einstellung eine Herabsetzung der Beleuchtungsstärke auf Kreisel A ungefähr um das 14fache gegenüber der von Kreisel B. Sie bleibt demnach hinter der maximalen Herabsetzung der Beleuchtungsintensität im Dunkelzimmer (S. 82) etwas zurück. Eine stärkere Herabsetzung der Beleuchtungsintensität fand bei den Versuchen mit Tageslicht nicht statt. Die von mir herrührende Einstellung wurde von allen herangezogenen Beobachtern ohne Vorbehalt anerkannt.[1] Ich weise auf die chromatische Komponente hin, in der zum Ausdruck kommt, daß unter den vorhandenen Beleuchtungsbedingungen das entfernte weiße Papier eine rotgelbe Tönung von physiologisch recht wirk-

[1] Daß diese Anerkennung eine ganz allgemeine ist, erkannte ich bei Gelegenheit einer Demonstration für eine Vorlesung von Herrn Prof. Müller, bei der ich meine Einstellung einer großen Anzahl von Beobachtern zeigte.

samem Charakter erfährt. Ferner betone ich hier die allgemeine Anerkennung, welche die von mir eingestellte Gleichung sowohl nach ihrer Buntheit wie nach ihrer Helligkeit gefunden hat.

An jedem Versuchstage stellte ich vor den Versuchen auf Kreisel B die oben angegebenen Werte ein. Erschien diese Einstellung bei der vorhandenen Höhe des Rollvorhangs nicht einer solchen von 360° W auf Kreisel A gleich (beide natürlich bei Reduktion betrachtet), so wurde die Höhe des Vorhangs solange verändert, bis Gleichheit eintrat. Diese Gleichheit bot eine Gewähr für annähernde Gleichheit des Verhältnisses der Beleuchtungsstärken von Scheibe A und Scheibe B an den verschiedenen Versuchstagen. Ich hielt es für richtiger, diese reduzierten Gleichungen selbst einzustellen, nachdem ich einmal erkannt hatte, daß sie von allen Beobachtern Anerkennung fanden. Infolge der größeren Routine in solchen Einstellungen vermochte ich sie sowohl mit größerer Sicherheit als auch unter geringerem Zeitaufwand auszuführen als die übrigen Beobachter. Durch Beobachtung dieses Verfahrens war natürlich nur eine Gleichheit des Verhältnisses der Beleuchtungsstärken für A und B innerhalb gewisser Grenzen garantiert. Damit die absolute Beleuchtungsstärke an den verschiedenen Versuchstagen ungefähr als gleich groß anzusehen sei, wurde nur an Tagen mit gleichmäßig leicht bewölktem Himmel gearbeitet. Mangels eines geeigneten Photometers war es mir leider nicht möglich, an jedem Tag die absolute Beleuchtungsstärke photometrisch[1] zu bestimmen, es folgte aber schon aus der guten Übereinstimmung der Einstellungen an verschiedenen Tagen, daß die absolute Beleuchtungsstärke nicht von wesentlichem Einfluß auf die besonderen Resultate unserer Versuche sein konnte. Wie man stets gewisse Nachteile mit in Kauf nehmen muß, wenn man sich bei messenden Versuchen des Tageslichts bedienen will, so war es natürlich auch bei unseren Versuchen als störend zu bezeichnen, daß während der Versuche die Beleuchtungsstärke Schwankungen erlitt. Ich hielt sie dadurch innerhalb enger Grenzen, daß ich die Versuche meist zur Mittagszeit anstellte, wenn der Beleuchtungswechsel langsam stattfindet, und daß ich bei starker Änderung der Beleuchtungsstärke die Versuche abbrach.

[1] Das Photometer von L. Weber eignet sich besonders für den vorliegenden Zweck. Vgl. E. Liebenthal. Praktische Photometrie. Braunschweig 1907. S. 184. Dieses Photometer ist erst vor kurzem vom Psychologischen Institut erworben worden.

Vp. Herr Dr. WESTPHAL (K).

1.	Scheibe A:	360°	W[1]	Scheibe B:	161,2°	W	10,8°	R[2]	10°	Gb.[2]
2.	„	270°	„	„	110°	„	28,7°	„	9°	„
3.	„	210°	„	„	92,7°	„	5,3°	„	8,3°	„
4.	„	180°	„	„	79,7°	„	4°	„	4,2°	„
5.	„	155°	„	„	48,5°	„	3,7°	„	5°	„
6.	„	125°	„	„	38,7°	„	3,3°	„	2°	„
7.	„	100°	„	„	32,1°	„	2,8°	„	2°	„
8.	„	80°	„	„	19,7°	„	2,8°	„	1,7°	„
9.	„	60°	„	„	11,2°	„	3°	„	1,7°	„
10.	„	45°	„	„	5,5°	„	2°	„	1,8°	„
11.	„	22°	„	„	0°	„	1°	„	0,5°	„

Zwecks Diskussion der Resultate erweist es sich als vorteilhaft, die Quotienten aus den auf beiden Scheiben eingestellten, qualitativ gleich erscheinenden Helligkeiten zu bilden. Dabei ist der Reizwert von 60° Tuchschwarz (Bestimmung dieses Wertes mit Hilfe der Dunkeltonne) gleich 1° W gesetzt worden.[3] Auch die W-Valenzen der farbigen Papiere, die nach der HESSschen Methode der Peripheriewerte bestimmt wurden, sind dabei berücksichtigt worden.[4]

1.	174,6 : 360 = 0,49		7.	39,9 : 104,3 = 0,38
2.	132,4 : 271,5 = 0,49		8.	27,6 : 84,7 = 0,33
3.	103,7 : 212,5 = 0,49		9.	19,3 : 65 = 0,30
4.	88,3 : 183 = 0,48		10.	13,2 : 50,3 = 0,26
5.	57,9 : 158,4 = 0,36		11.	6,5 : 27,6 = 0,24
6.	48,6 : 128,9 = 0,38			

Die Reihe der so erhaltenen Quotienten (H-Quotienten) wollen wir als die H-Reihe bezeichnen.

---

[1] Als Weiß diente bei allen messenden Versuchen dieser Arbeit das Weiß SCHÖLLERHAMMERscher Papiere, welches als nahezu r e i n e s Weiß anzusprechen ist. Besser definiert ist wohl das Weiß, das man sich durch Niederschlag der Wolken verbrennenden Magnesiums herstellen kann; es ist aber zu empfindlich. Als Schwarz diente uns Tuchschwarz, für die bunten Farben dienten meist Papiere von ROTHE und ZIMMERMANN.

[2] R = Rot, Gb = Gelb.

[3] Die W-Valenz des Tuchschwarz aller folgenden Einstellungen hat in den in Betracht kommenden Zahlenangaben Berücksichtigung gefunden, ohne daß es jedesmal noch ausdrücklich erwähnt wäre.

[4] C. HESS. Über den Farbensinn bei indirektem Sehen. Arch. f. Ophthalm. Bd. 35, 1889. Auf S. 25f. dieser Arbeit ist der von HERING angegebene und von uns verwandte Untersuchungsapparat beschrieben.

Vp. Herr HERING (L).

1.	Scheibe A:	360°	W	Scheibe B:	215,6°	W	8,6°	R	5,4°	Gb
2.	„	270°	„	„	153,3°	„	9,8°	„	9,8°	„
3.	„	210°	„	„	126,8°	„	6,6°	„	5,4°	„
4.	„	180°	„	„	89,9°	„	7,2°	„	5,6°	„
5.	„	155°	„	„	80,8°	„	5,6°	„	6,2°	„
6.	„	125°	„	„	61,6°	„	4,2°	„	5,8°	„
7.	„	100°	„	„	38,6°	„	3,6°	„	3,8°	„
8.	„	80°	„	„	26,6°	„	3°	„	2,8°	„
9.	„	60°	„	„	19,4°	„	2,2°	„	2,2°	„
10.	„	45°	„	„	12,5°	„	1,6°	„	1,6°	„
11.	„	15,2°	„	„	0°	„	0,5°	„	0,5°	„

Die Bestimmung der H-Quotienten (H-Reihe) geschah auf gleiche Weise wie bei der vorigen Vp.

1. 222,3 : 360 = 0,62	5. 90,1 : 158,4 = 0,57	9. 26,7 : 65 = 0,41
2. 164,2 : 271,5 = 0,60	6. 70,7 : 128,9 = 0,55	10. 19,5 : 50,3 = 0,39
3. 135,3 : 212,5 = 0,64	7. 46,9 : 104,3 = 0,45	11. 6,5 : 21 = 0,31
4. 98,7 : 183 = 0,54	8. 34,4 : 84,7 = 0,40	

Vp. Herr Dr. BREIER (M). Diese Vp. sieht die Einstellungen auf Scheibe A tonfrei, so daß sie keiner chromatischen Zusätze auf Scheibe B bedarf.

1.	Scheibe A:	360°	W	Scheibe B:	127°	W
2.	„	300°	„	„	109,7°	„
3.	„	270°	„	„	91,2°	„
4.	„	240°	„	„	75,4°	„
5.	„	210°	„	„	60,7°	„
6.	„	180°	„	„	49,7°	„
7.	„	150°	„	„	37,4°	„
8.	„	120°	„	„	30,5°	„
9.	„	100°	„	„	22,6°	„
10.	„	80°	„	„	15,8°	„
11.	„	60°	„	„	11,6°	„
12.	„	50°	„	„	7,4°	„
13.	„	40°	„	„	6,3°	„
14.	„	30°	„	„	2,8°	„
15.	„	24°	„	„	0°	„

H-Reihe.

1. 0,36	4. 0,33	7. 0,28	10. 0,25	13. 0,27
2. 0,38	5. 0,31	8. 0,29	11. 0,27	14. 0,25
3. 0,35	6. 0,30	9. 0,27	12. 0,24	15. 0,20

Vp. Herr Dr. OHMS (N). Sieht die Einstellungen auf Scheibe A so schwach buntgefärbt, daß ihm auch ohne chromatische Zusätze auf Scheibe B die Einstellungen auf gleiche Helligkeit keine Schwierigkeiten bereiten.

1.	Scheibe A:	360°	W	Scheibe B:	315°	W
2.	„	300°	„	„	264°	„
3.	„	270°	„	„	234,3°	„
4.	„	240°	„	„	195,3°	„
5.	„	210°	„	„	167,3°	„
6.	„	180°	„	„	136,3°	„
7.	„	150°	„	„	97,4°	„
8.	„	120°	„	„	74,3°	„
9.	„	100°	„	„	57,9°	„
10.	„	80°	„	„	46,9°	„
11.	„	60°	„	„	36,8°	„
12.	„	50°	„	„	31,6°	„
13.	„	40°	„	„	23,9°	„
14.	„	30°	„	„	15,3°	„
15.	„	20°	„	„	9,5°	„
16.	„	11,4°	„	„	0°	„

H-Reihe.

1. 0,88	5. 0,80	9. 0,60	13. 0,65
2. 0,88	6. 0,77	10. 0,62	14. 0,59
3. 0,87	7. 0,68	11. 0,65	15. 0,60
4. 0,82	8. 0,64	12. 0,67	16. 0,35

Individuelle Differenzen. Ich konnte oben (S. 102) die allgemeine Anerkennung hervorheben, welche die von mir eingestellte reduzierte Farbengleichung von allen Beobachtern fand. Es ist damit implicite gesagt, daß meine Vpn ihre reduzierten Farbengleichungen auch gegenseitig anerkannt haben würden, sowohl was deren Buntfarbigkeit als auch was deren Helligkeit angeht. Demgegenüber beachte man, welche bedeutenden Differenzen sich bei den obigen Versuchen hinsichtlich der von den 4 Vpn gelieferten Einstellungen ohne Reduktion herausgestellt haben. Was die Buntfarbigkeit betrifft, so sahen K und L die Farben auf Kreisel A deutlich, N sehr schwach getönt und M nahm gar keine Tönung wahr. Um die Übersicht über die Tatsachen der Helligkeitsvergleichung nicht zu stören, unterlasse ich hier die Diskussion der chromatischen Verhältnisse und werde sie später (§ 21) zum Gegenstand besonderer Versuche machen. Aber nun vergleiche man die Einstellungen auf gleiche Helligkeit. Für A = 360° W stellt, um die Extreme herauszugreifen, N 315° W, M 127° W auf Kreisel B ein. Auf diese und die übrigen persönlichen Differenzen werden wir ein besonderes Augenmerk zu richten haben. Durch die auf S. 103 angeführte Maßnahme ist der Annahme vorgebeugt, als seien diese Differenzen auf ein bei den einzelnen Beobachtern verschiedenes

Beleuchtungsverhältnis von A und B zurückzuführen. Wir kommen auf diese individuellen Differenzen im § 15 zurück.

Der Diskussion der Resultate schicke ich eine Bemerkung voraus, die nicht nur für die vorstehenden Versuche gilt, sondern für alle in dieser Arbeit erwähnten Versuche, soweit sie die Erscheinungsweisen von Farben sowie die Beziehungen zwischen „Beleuchtung" und „scheinbarer Farbe" von Gegenständen betreffen. Wir können die psychologische Seite dieser unserer Versuche nicht besser als mit HERINGS Worten bei Besprechung ähnlicher Beobachtungen charakterisieren: „Bei alledem handelt es sich nicht etwa um irgendwelche Erwägung der Beleuchtungsbedingungen, unter welchen die gesehenen Dinge sich eben befinden, sondern darum, daß der nervöse Apparat des Sehorgans im einen Falle anders auf genau dieselbe Strahlung reagiert, als im anderen, weil durch Nebenumstände, und zwar meist ebenfalls optische, beidenfalls verschiedene Reproduktionen geweckt werden." (HERING VI, S. 11.) HERING beabsichtigt ohne Zweifel mit diesen Worten auf die ganz ursprüngliche anschauliche Verschiedenheit der beobachteten Farbeneindrücke hinzuweisen.

Diskussion der Resultate. Die Einstellungen auf gleiche Qualität unter Abstraktion von der wegen der verschiedenen Beleuchtung verschiedenen Ausgeprägtheit der Farben machen bei den Versuchen über Lichtperspektive sowie bei allen Versuchen, bei denen es sich um die Trennung dieser beiden Momente Qualität und Ausgeprägtheit handelt, nach den Angaben der Vpn weitaus größere Schwierigkeiten, als man sie anzutreffen pflegt, wenn man zwei Oberflächenfarben gleicher Beleuchtung nach irgendeiner Beziehung (Farbenton, Helligkeit, Sättigung) miteinander vergleicht. Verschiedene Beobachter haben wieder mit dieser Schwierigkeit nicht in gleichem Grade zu kämpfen. Da dieser Punkt bei den Versuchen über „beschattete" Oberflächenfarben noch deutlicher hervortritt, so wollen wir erst dort (§ 14) näher auf ihn eingehen. Das dort Gesagte hat aber für alle Versuche dieser Art Geltung. Ich will bemerken, daß trotz der ausdrücklichen Instruktion, nur auf gleiche Qualität einzustellen, die große Eindringlichkeitsdifferenz zwischen den Scheiben A und B doch dazu verführen konnte, die beiden Farben auch hinsichtlich ihrer Eindringlichkeit einander anzugleichen, und ich will nicht behaupten, daß nicht zuweilen tatsächlich bei unseren Versuchen eine nichtgewünschte Beeinflussung des Urteils von jener Seite her stattgefunden habe.

Ohne sie wäre wohl das Besondere unserer Resultate noch deutlicher hervorgetreten. Ich mache auf diese Fehlerquelle auch für eine etwaige Nachprüfung der Resultate aufmerksam.

Was in deskriptiver Hinsicht über die Versuche im Dunkelzimmer gesagt worden ist, gilt auch für die vorliegenden Versuche. Das Vorkommen tonfreier Oberflächenfarben in verschiedener Ausgeprägtheit kommt aber hier noch deutlicher zum Bewußtsein. Dies mag seine Ursache darin haben, daß durch die Einleitung der Dunkeladaptation in dem künstlich erleuchteten Dunkelzimmer die Deutlichkeit der Oberflächenfarben und damit auch die Deutlichkeit, mit der sich ihre verschiedene Beleuchtung geltend macht, beeinträchtigt wird (vgl. § 23). Weiß und die ihm nahestehenden Farben zeigen auch hier am deutlichsten die beiden Ausgeprägtheitsstufen. Beim Übergang von Weiß nach Grau werden die Unterschiede der Ausgeprägtheit zwischen den Farben auf A und B weniger deutlich. Die Übergänge zwischen den Ausgeprägtheitsstufen der Farben auf A und B lassen sich hier weniger leicht herstellen, weil die Lichtverteilung in unserem Versuchszimmer nicht die Gleichmäßigkeit derselben im Dunkelzimmer besitzt. Den Vpn, die nicht farbenpsychologisch gebildet sind, liegt es auch bei diesen Versuchen nahe, von einem helleren und einem dunkleren Weiß zu reden. Deutlich verschiedene Ausgeprägtheitsstufen für Schwarz lassen sich erst unter Verwendung von Sonnenlicht erzielen.

Wurde im Dunkelzimmer eine weiße Fläche in größere Entfernung von der Lichtquelle gebracht, so kam im wesentlichen eine Änderung der Ausgeprägtheit ihrer Oberflächenfarbe zustande; im wesentlichen, denn man sieht dabei nicht genau die gleiche Qualität Weiß, vielmehr erfährt das in größerer Entfernung befindliche Weiß neben seiner Einbuße an Ausgeprägtheit eine kleine Verschiebung nach Grau hin. Den qualitativen Verschiebungen dieser Art wollen wir bei der folgenden Diskussion unsere besondere Aufmerksamkeit zuwenden. Handelte es sich um die Wertung der erkenntnismäßigen Leistung unserer Farbenwahrnehmung, so könnte man sagen, daß das Urteil, welches die objektiven Verhältnisse der eigentlichen Farben treffen will, durch die qualitative Änderung, welche die Farben bei Änderung der Beleuchtungsverhältnisse erleiden, mehr oder weniger gefälscht wird. Für den Fall, daß über Farben von Papieren, die sich unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen befinden, ein Urteil gefällt wird, das auf ihre objektiven Verhältnisse abzielt, wollen wir von einer idealen Berücksich-

tigung der Beleuchtungsverhältnisse dann sprechen, wenn das Urteil das objektive Verhältnis, das zwischen den eigentlichen Farben der Papiere besteht, wirklich trifft. Die Beziehung, welche zwischen der empirisch gefundenen Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse und dieser idealen besteht, gibt ein Maß für die Güte, mit der die jeweilig vorhandenen Beleuchtungsbedingungen wirklich berücksichtigt werden. Im allgemeinen wird es uns möglich sein, die Güte durch Helligkeitsquotienten in der Weise auszudrücken, wie wir es bei unseren messenden Versuchen getan haben. Wäre bei diesen Versuchen die Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse eine ideale, erführe also z. B. Weiß keine qualitative Änderung neben der Änderung seiner Ausgeprägtheit, so würden wir als H-Quotienten die Werte 1 zu erwarten haben. Statt dessen haben unsere Vpn für A = 360° W die Werte 0,49; 0,62; 0,36; 0,88 ergeben, Werte, die einer z. T. ganz beträchtlichen qualitativen Änderung des Weiß entsprechen. Wenn bei unserem Dunkelzimmerversuch das entferntere Weiß zwischen das zweite und dritte Glied unserer Skala zu liegen kam und der H-Quotient, wenn wir ihn gebildet hätten, der 1 sicher näher zu liegen gekommen wäre als diese vier Quotienten, so ist dies darauf zurückzuführen, daß bei jenen Versuchen eine ganze Skala tonfreier Farben für die Zuordnung vorlag, während hier jedesmal nur eine Farbe zum Vergleich stand. Verwendet man bei der Tagesbeleuchtung auch eine ganze Skala zum Vergleich, so fallen die Resultate ganz ähnlich wie dort aus (s. § 16; dortselbst gebe ich auch eine Erklärung dieser Tatsache). Bei den messenden Versuchen unterließ ich es, mit mehreren Vergleichsgrößen zu arbeiten, weil dies technisch und methodisch zu große Schwierigkeiten geboten hätte. Jedenfalls liegen unter den gegebenen Versuchsumständen nicht nur alle H-Quotienten für Weiß, sondern auch für alle übrigen tonfreien Farben — und das ausnahmslos für alle Vpn — unter 1. Auch bei den einzelnen Einstellungen, die den mitgeteilten arithmetischen Mitteln zugrunde liegen, wurde — mit einer einzigen Ausnahme bei Vp. N[1]

[1] Bei Vp. N ereignete es sich einmal, daß, als auf A 360° W angebracht waren und bei dem Aufsuchen der oberen Grenze dieser Wert auf B bereits erreicht war, die Vp. die Scheibe B noch etwas heller wünschte. Diesem Verlangen war natürlich nicht nachzukommen. Als Grenzwert notierte ich in diesem Falle 360°. Infolge dieser wohl verzeihlichen Unkorrektheit ist der für A = 360° W berechnete Mittelwert von B für Vp. N um wenige

— dieser Wert nie erreicht. Orientierende Versuche ließen mich nicht daran zweifeln, daß auch bei anderen Beleuchtungsstärken der Scheibe A die ermittelten Helligkeitsquotienten hinter 1 zurückbleiben. Wir sind unter diesen Umständen zur Aufstellung des allgemeinen Satzes berechtigt: Werden tonfreie Oberflächenfarben unter Beleuchtungsstärken gebracht, die niedriger als die normale sind, so erleiden sie in erster Linie Änderungen in der Ausgeprägtheit, die sich im einzelnen nach der verwandten Beleuchtungsstärke und der Qualität der Oberflächenfarbe bestimmen; in zweiter Linie machen sich qualitative Änderungen geltend, und zwar finden diese Änderungen für jede Qualität nach derjenigen Richtung innerhalb der S-W-Reihe statt, nach der der Farbeneindruck bei Reduktion auf die normale Beleuchtung von dem nicht reduzierten Farbeneindruck abweicht.

Mit diesem Satz ist aber der Sachverhalt, der in unseren Versuchsresultaten zum Ausdruck kommt, nicht völlig erschöpft, insofern noch eine Spezialisierung desselben hinsichtlich der verschiedenen tonfreien Oberflächenfarben möglich ist. Um diese deutlich zu machen, haben wir für jede Vp. die Resultate graphisch dargestellt. Als Abszissen wählten wir die Gradzahlen der auf A eingestellten W-Sektoren, als Ordinaten die zu den ver-

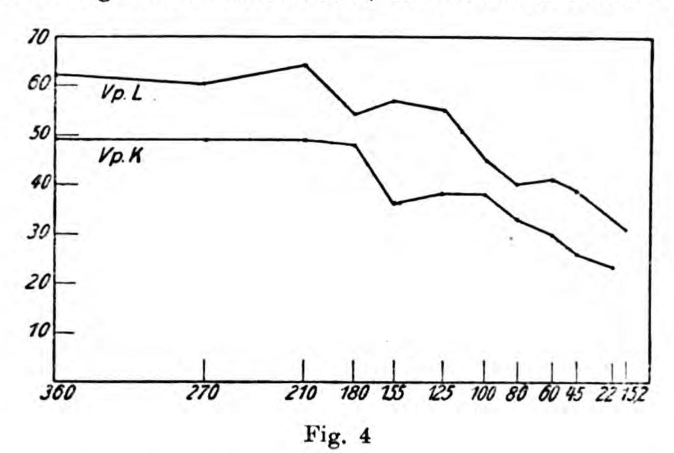


Fig. 4

schiedenen Einstellungen zugehörigen H-Quotienten. Die 4 Kurven (s. Fig. 4 und 5) nehmen einen ähnlichen Verlauf. Nachdem sie

---

Grad zu niedrig ausgefallen. Auf den zugehörigen H-Quotienten ist dies von entsprechend geringem Einfluß.

sich für die einzelnen Vpn verschieden lang nahezu auf gleicher Höhe gehalten haben, macht sich in ihnen eine Tendenz bemerkbar

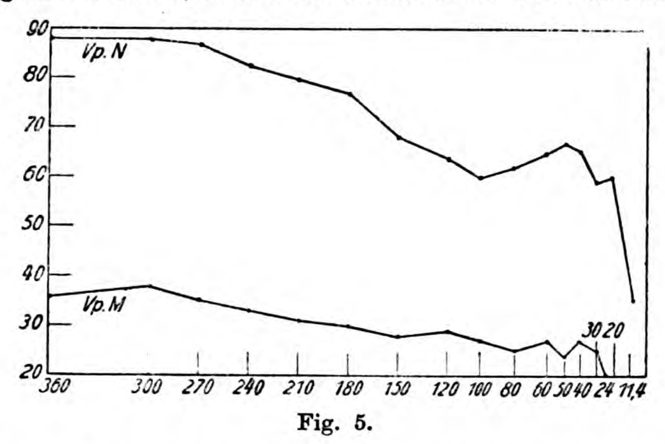


Fig. 5.

zu sinken. Dieser Kurvenverlauf besagt also: Die qualitative Änderung, von der in dem obigen Satze die Rede war, betrifft Weiß und die ihm nahestehenden Glieder in (relativ) gleich starkem Maße, dann aber nimmt die qualitative Änderung mehr und mehr zu, je weiter man sich dem schwarzen Ende der Reihe nähert. Vorwegnehmend wollen wir hier bemerken, daß sich auch bei anderen Versuchen über die Beeinflussung tonfreier Oberflächenfarben durch die Beleuchtungsverhältnisse ein dem jetzt gefundenen ähnliches Resultat ergibt. Wir dürfen also allgemein sagen: Weiß und die ihm nahestehenden Farben bewahren bei einer unter die normale Beleuchtungsstärke herabgehenden Beleuchtungsstärke ihre qualitative Eigentümlichkeit am festesten, die qualitative Beeinflussung der Farben wird um so stärker, je weiter man sich vom Weiß und seinen Nachbarfarben entfernt. Mit der Angabe, daß in den Kurven eine sinkende Tendenz zutage tritt, ist aber auch noch nicht alles gesagt; dieses Sinken findet nicht in stetiger Weise statt, vielmehr ist eine gewisse Sprunghaftigkeit desselben gar nicht zu verkennen. Wir haben schon darauf hingewiesen, daß sich die Kurven zunächst in ungefähr gleicher Höhe von der X-Achse halten, bei K bis 180°, bei L bis 210°, bei N bis 270°; von einem nahezu stetigen Fallen der Kurve in ihrem ganzen Verlauf könnte nur bei M die Rede sein, so daß auch diese erste Unstetigkeit nicht

bei ihm zu konstatieren ist. Nun scheint mir, wenigstens bei K, L und N ein mehr sprunghaftes als stetiges Fallen der Kurven auch in ihrem weiteren Verlauf zu beobachten zu sein. Bei K darf man wohl von zwei ausgeprägten Gruppen von Werten sprechen, für die die Kurve nahezu parallel zur X-Achse verläuft. 1. 360° bis 180°. 2. 155°—100°. Bei L könnte man drei Gruppen unterscheiden. 1. 360°—210°. 2. 180°—125°. 3. 80°—45°. Bei N können, wenn man die Werte um 100° als zufällig tief betrachtet, auch drei Gruppen unterschieden werden. 1. 360°—270°. 2. 240° bis 180°. 3. 150°—40°. Der letzte Ordinatenwert der Kurven für L und N bildet gewissermaßen eine Gruppe für sich. Es ist nach einer Erklärung dieser Gruppenbildungen zu suchen; selbst wenn die letzten Gruppenbildungen der Quotientenreihen ihre Entstehung mehr Zufälligkeiten der Versuche verdanken sollten, wofür sie mir übrigens zu regelmäßig erscheinen, so ist an dem Vorhandensein einer Gruppe der ersten Werte doch nicht zu zweifeln. Durchläuft man eine tonfreie Reihe, so erlebt man überall Stetigkeit, an keiner Stelle kann man etwas wie einen Sprung konstatieren. Es tritt indessen eine gewisse Gliederung innerhalb der Reihe ein, wenn man sich vornimmt, diejenigen Glieder in Gruppen zusammenzufassen, welche unter die Bezeichnungen weiß, hellgrau, mittelgrau, dunkelgrau und schwarz fallen.[1] Es sind dies die sprachlichen Ausdrücke, mit denen man zur Bezeichnung des ganzen Reichtums der uns vorkommenden tonfreien Farben im nichtwissenschaftlichen Betrieb meist ausreicht. (Soweit bei der Bezeichnung grauer Farben als Perlgrau und Mausgrau eine Anknüpfung an die Farben bekannter grauer Gegenstände vorkommt, findet eigentlich auch keine Vermehrung der unterschiedenen Farben statt, insofern, soweit ich den Sprachgebrauch kenne, Perlgrau meist gleichbedeutend mit hellgrau, Mausgrau gleichbedeutend mit mittelgrau gebraucht wird.) Wir gehen hier nicht weiter auf das ökonomische Prinzip bei der Wortschöpfung ein; vermutlich würden wir aber mit so wenig Bezeichnungen für graue Farben nicht auskommen, wenn nicht die mit einem Wort bezeichneten Qualitäten selbst sich irgendwie zusammenschlössen und von den anderen abheben würden. Im Laufe der Lebenserfahrung werden gewissermaßen diese fünf Qualitäten aus der S-W-Reihe zur Charakterisierung

[1] Vgl. hierzu A. Lehmann. Über Wiedererkennen. Wundts Philos. Stud. Bd. 5, 1889, S. 137.

aller uns begegnenden tonfreien Farben herausgehoben; ihnen muß natürlich auch beim Wiedererkennen von tonfreien Farben eine besondere Rolle zukommen. Beim Vergleichen tonfreier Farben zum Zwecke wissenschaftlicher Erkenntnis werden im allgemeinen schon Farben unterschieden werden, auf die man im Leben noch dieselbe Bezeichnung „weiß", „mittelgrau" usw. anwendet. Bei unseren Versuchen lag nun mehr ein Verhalten der Vp. nahe, wie wir es sonst im Leben beobachten. Sieht die Vp. auf Kreisel A eine gewisse Farbe, der sie eine Farbe auf Kreisel B qualitativ gleichmachen soll, so bemüht sie sich, wie aus ihren Angaben über den Vergleichsvorgang folgt, zunächst die entferntere Farbe (meist wörtlich) zu charakterisieren.[1] Zu diesem Verhalten sieht sich die Vp. durch die besonderen Versuchsumstände sowie durch die gestellte Aufgabe gedrängt. Die Verschiedenheit der Beleuchtungsverhältnisse für die Kreisel A und B zwingt sie in besonderem Maße, auf die Qualität der Farben zu achten, während bei Farben, die sich unter gleichen Beleuchtungsbedingungen befinden, das Urteil mehr auf den Qualitäts unterschied, nicht auf die Qualitäten selbst geht. So sagt sich die Vp. etwa: ich sehe die Farbe von Scheibe A weiß, grau usw. und wird die Farbe von Scheibe B solange variieren lassen, bis sie auf sie dieselbe Bezeichnung anwenden kann. Wenn allgemein gelten würde, daß das Wiedererkennen für „Weiß", „Hellgrau", „Mittelgrau" usw. unter den bei uns gegebenen Beleuchtungsverhältnissen (herabgesetzte Beleuchtungsintensität) verschieden leicht geschieht, würden wir den sprunghaften Charakter unserer Kurven verstehen können. Es würde also zunächst der Nachweis zu erbringen sein, daß beim Vorführen einer Skala tonfreier Farben eine ähnliche Gruppierung der einzelnen Glieder naheliegt, wie sie in unseren Kurven zum Ausdruck kommt. Die hierauf bezüglichen Versuche wurden leider erst einige Zeit nach den Hauptversuchen angestellt, da ich erst bei der Durcharbeitung der Resultate auf die Gruppierung der erhaltenen Werte aufmerksam wurde. Es ist darum nicht ausgeschlossen, daß die Vpn in den gleich anzuführenden Einstellungen bei der Beurteilung der Farben ein von dem früheren Verhalten abweichendes beobachtet haben. Da auch die absolute Beleuchtungsstärke bei diesen Ver-

[1] Vgl. hierzu, welche Rolle die sprachliche Charakterisierung von Farben beim Vergleich von Farbeneindrücken spielen kann, die durch ein Zeitintervall von einander getrennt sind. FRANK ANGELL. WUNDTS Philos. Stud. Bd. 19, 1902.

suchen nicht belanglos ist, ich diese aber in den früheren Versuchen nicht genauer bestimmt hatte, so müßten wir hinsichtlich des Ausfalls der Einstellungen schon zufrieden sein, wenn derselbe nur nach der „qualitativen“ Seite (Gruppenbildung überhaupt und Anzahl der Gruppen innerhalb der S-W-Reihe), nicht auch nach der numerischen Seite dem geforderten entsprechen würde. Das erstere trifft zu; die numerischen Werte weichen von den erwarteten in manchen Beziehungen ab. Bemerkenswert ist die Leichtigkeit, mit der sich die Vpn[1] der gestellten Aufgabe entledigten, was uns berechtigt, anzunehmen, daß die Vpn sich hinsichtlich des über den Vergleichsvorgang Ausgesagten nicht getäuscht haben. Es war den Beobachtern am natürlichsten, nur v i e r Qualitäten bei der Gruppenbildung zu unterscheiden.

Auf Kreisel B wurden bezeichnet als

Weiß	360°—135°	W(L)	360°—210°	W(N)
Hellgrau	135°— 42°	„	210°— 70°	„
Dunkelgrau	42°— 5°	„	70°— 20°	„
Schwarz	5°— 0°	„	20°— 0°	„

Auf Kreisel A wurden bezeichnet als

Weiß	360°—203°	W(L)	360°—234°	W(N)
Hellgrau	203°—140°	„	234°—110°	„
Dunkelgrau	140°— 20°	„	110°— 19°	„
Schwarz	20°— 0°	„	19°— 0°	„

Bestehen nun Beziehungen zwischen den Unstetigkeiten der obigen Kurven und den vorstehenden Werten? Für die vorliegende Betrachtung kommen in erster Linie die auf Kreisel A eingestellten Werte in Betracht. Von diesen Werten als den festen geht die Vp. beim Vergleichen aus. Wir begnügen uns damit, festzustellen, daß der Erwartung entsprechend die Beobachter 4 Farbengruppen, und zwar mit ziemlicher Bestimmtheit, voneinander getrennt haben. In numerischer Beziehung enstprechen nur einige der gefundenen Grenzen den erwarteten. Ob dies aus den oben (S. 113 und diese Seite) angeführten Gründen der Fall ist, läßt sich nicht mit Sicherheit entscheiden. Hier sind erst noch ausführlichere Versuche anzustellen. Ich will nur hinzufügen, daß es der Vp. auch subjektiv am leichtesten ist, die erste Gruppe von den übrigen abzutrennen. Fassen wir das Ergebnis der

[1] Vpn K und M waren für diese Versuche nicht mehr zu erreichen. Es wäre interessant gewesen, zu erfahren, ob sich M bei dem Mangel einer Gruppenbildung in seinen Werten auch bei d i e s e n Einstellungen von den übrigen Vpn unterschieden haben würde.

letzten Betrachtungen zusammen, so wäre zu sagen: Die Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse tonfreier Oberflächenfarben unter den Bedingungen unserer Versuche entfernt sich von der idealen in sprunghafter Weise um so mehr, je weiter man vom Weiß zum Schwarz wandert. Es ist wahrscheinlich, daß die Beobachter bei der Beurteilung der Farben diese gewissen Gruppen zuordnen (etwa den Gruppen Weiß, Hellgrau, Dunkelgrau, Schwarz) und daß aus irgendeinem zunächst nicht näher angebbaren Grunde den verschiedenen Gruppen bei Herabsetzung der Beleuchtungsstärke eine verschieden leichte Erkennbarkeit (Weiß die leichteste, Schwarz die schwerste) zukommt.

Versuchen wir einmal, den Reichtum der auf den Kreiseln A und B unterscheidbaren Qualitäten zu vergleichen. Um alle Farbenqualitäten, welche durch Einstellung von 21°—360° W [1] auf Kreisel A für Vp. L möglich sind, auf Kreisel B zu reproduzieren, bedarf man hier einer bei weitem geringeren Variation. Die Zuordnung der Einstellungen auf A und B wollen wir an den von Vp. L gelieferten Zahlen graphisch darstellen (Fig. 6); für die anderen Vpn ergibt sich ein ähnliches Bild.

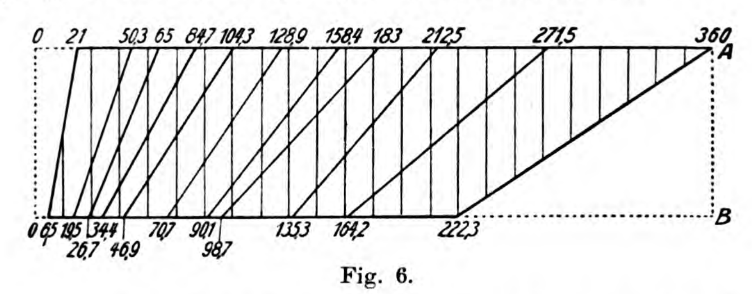


Fig. 6.

L bedarf auf B nur der Einstellungen von 222,3° bis nahezu 6° W. Dabei ist allerdings einschränkend zu bemerken, daß auf B die schwarzen Qualitäten in Fortfall kommen, die sich noch auf A durch Variation von 6°—21° W erzielen lassen. Die Bereicherung, welche die Farben auf A durch diese Variation erfahren, ist so unbedeutend, daß bereits nach dem hier Vorliegenden eine starke Überlegenheit an unterscheidbaren Qualitäten auf B gegenüber der auf A durch Variation von 6°—360° W zu konstatieren ist. Einen exakteren Beweis dieser Tatsache werden wir noch später (§ 12) erbringen.

Es mag hier noch die Frage aufgeworfen werden, welche qualitativen Änderungen die tonfreien Oberflächenfarben in ihrer Gesamtheit erfahren, wenn man sie anstatt unter die „normalen“ bei B herrschenden unter die bei A herrschenden Beleuchtungsbedingungen bringt. Der graphischen

---

[1] Bei den Zahlenangaben dieser Betrachtung wurde die W-Valenz des Tuchschwarz berücksichtigt.

Darstellung (s. Fig. 7) legen wir die oben ermittelten qualitativen Beurteilungen der Vp. L zugrunde. (Das Bild ändert sich kaum mit dem Individuum.) Da diese Gruppierungen aus absoluten qualitativen Beurteilungen, n i c h t aber Vergleichungen hervorgegangen sind, so geben sie auch ein Bild davon, welche qualitativ verschiedene Gruppen wir für gewöhnlich für tonfreie Oberflächenfarben anzunehmen haben, die unter Beleuchtungsbedingungen wie Kreisel A stehen.

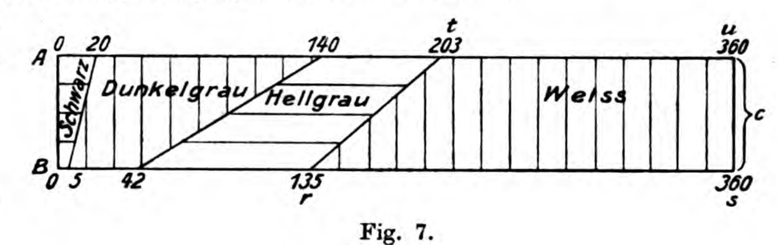


Fig. 7.

Zwei gleich lange parallele Linien bringen die auf A und auf B einstellbaren weißen Sektoren zur Darstellung. Auf diesen beiden Linien habe ich die Punkte markiert, welche die vier qualitativ ausgezeichneten Gebiete voneinander abgrenzen. Der Abstand c der Linien mag den bei unseren Versuchen ca. 3,5 m betragenden Abstand von A nach B symbolisieren. Wenn die Strecke r s alle Einstellungen auf B darstellt, welche noch die Bezeichnung „weiß" erhalten können, t u die gleichen Einstellungen auf A, so symbolisiert der Flächeninhalt r s t u sämtliche noch als weiß ansprechbaren Farben, welche man erhält, wenn man allmählich von der für B bestehenden zu der für A bestehenden Beleuchtungsstärke übergeht. Ob man die r mit t verbindende Linie wirklich als Gerade annehmen darf, wie wir es der Einfachheit wegen in unserer Figur getan haben, müßte durch eine große Reihe von Versuchen ermittelt werden. Für die hier untersuchten beiden Beleuchtungsstärken gilt jedenfalls, daß die Qualität Weiß auf B einen größeren Raum einnimmt als auf A. Schreitet man von den Grenzen (135°, 203°) um gleich viel Grade weiter, so kommt man für A wieder früher an die Grenze des Gebietes „Hellgrau" als für B. Für die Qualität „Dunkelgrau" kehrt sich das Verhältnis gerade um, ebenso für Schwarz. Wir finden also: während für B die Qualität Weiß prävaliert und durch zahlreiche hellgraue Stufen in Dunkelgrau übergeht, macht sich auf A besonders Dunkelgrau breit (nicht so sehr Schwarz!) und grenzt in unmittelbarerer Weise an Weiß. Durch Verwendung zweier 18-gliedriger Skalen der oben (S. 81) beschriebenen Art lassen sich die eben ermittelten Verhältnisse recht gut in unmittelbarer Weise zur Anschauung bringen. Stellt man die eine in der Nähe von Kreisel A, die andere in der Nähe von Kreisel B auf, so sieht man sehr wohl, daß die weißen und hellgrauen Qualitäten auf B ein viel größeres Gebiet einnehmen als auf A. Dagegen haben sich auf der hinteren Skala die dunkelgrauen Farben breiter gemacht und stoßen weniger vermittelt an die weißen Qualitäten. Auch bei einer Zeichnung in Schwarz und Weiß oder einem Kupferstich kann man die durch die gleichen Verhältnisse bedingte Beobachtung machen, daß die Farben, die bei nor-

maler Beleuchtung den Übergang zwischen den schwarzen und den weißen vermitteln, bei starker Herabsetzung der Beleuchtungsintensität zurücktreten und die weißen und dunkelgrauen Töne unvermittelter aneinanderstoßen. Man findet diese Beobachtung auch bei der aufmerksamen Betrachtung von Bildern bestätigt, auf denen eine niedrige Beleuchtungsstärke zur Darstellung gebracht ist, wie beispielsweise auf Bildern von Mondscheinlandschaften. A. Kubin hat sich bei manchen seiner phantastischen Kompositionen zur Erzielung des Eindrucks der herabgesetzten Beleuchtung oder der Dämmerung des sich aus unseren Beobachtungen ergebenden Prinzips der Zusammenstellung von Helligkeitswerten bedient.

Versuche mit anomaler Orientierung der Oberflächenfarbe. In Analogie zum Begriff der Raumperspektive hatten wir den Begriff der Lichtperspektive gebildet als die Farbenerscheinungen umfassend, die dadurch zustandekommen, daß die eigentlichen Farben von Körpern durch eine in einem Raum herrschende bestimmte Beleuchtung in bestimmter Weise beeinflußt werden. Wir können die Änderung, welche der Farbe einer zu den Strahlen ihrer Beleuchtungsquelle annähernd senkrecht orientierten Oberfläche allein bei Änderung ihrer Entfernung von der Beleuchtungsquelle widerfährt, am ehesten in Parallele setzen zu der Änderung einer Raumgröße, wenn diese bei gleichbleibender Orientierung zum Beobachter allein eine Entfernungsänderung erleidet.

Eine bestimmte Fläche erscheint in verschiedener Größe nicht nur, wenn sie bei gleichbleibender Orientierung zum Beobachter in verschiedene Entfernungen vom Auge gebracht wird, sondern auch dann, wenn man sie bei gleichbleibender Entfernung vom Beobachter in verschiedene Lagen bringt. So erscheint eine Kreisfläche relativ am größten, wenn sie frontalparallel liegt und ihr Mittelpunkt Fixationspunkt wird. Sie erscheint kleiner, wenn man sie aus dieser Ebene, etwa mit ihrer Mitte als Drehpunkt, herausdreht. Man wird zugeben, daß der Charakter der Wahrnehmung ein anderer ist, wenn ich den Größeneindruck einer Fläche auf dem einen oder anderen Wege verändere, mag das Urteil auch dahin lauten, daß sie in den beiden Fällen scheinbar die gleiche Größe besitzt. Eine ähnliche Verschiedenheit des Erlebnisses ist nun auch dann gegeben, wenn ich eine Oberflächenfarbe einerseits bei senkrechter Orientierung zu den Strahlen der Lichtquelle von dieser entferne, und wenn ich sie andererseits in derselben Entfernung aus dieser „normalen“ Lage herausdrehe und in eine

„anomale" Orientierung zur Lichtquelle[1] bringe. Letzteren Falles erfährt ein Weiß neben einer gewissen qualitativen Änderung nach Grau hin eine Herabsetzung seiner Ausgeprägtheit. Die Charakterisierung, welche wir hier dem Weiß widerfahren lassen, ist dieselbe, wie wir sie ihm auch in den Versuchen zuteil werden ließen, bei denen es in eine größere Entfernung von der Lichtquelle gebracht war. (Von Beschattung des Weiß kann auch hier keine Rede sein.) Trotzdem möchte ich zögern, von dem genau gleichen Eindruck hier und dort zu sprechen. Der phänomenologische Tatbestand ist nicht der gleiche. Hält man an dem bisher geltend gemachten Standpunkt fest, daß bei der Wahrnehmung einer Oberflächenfarbe immer zugleich auch eine gewisse Berücksichtigung der Beleuchtung und ihrer besonderen Verhältnisse stattfindet, so versteht man leicht, daß in den beiden Fällen, die wir hier miteinander vergleichen, dieselbe weiße Oberflächenfarbe in der gleichen Ausgeprägtheit für uns vorliegen kann, während doch der ganze Charakter der beiden Farbenerlebnisse ein verschiedener ist. Die Beleuchtungsverhältnisse, die in beiden Fällen mit wahrgenommen werden und die den Gesamteindruck mitbestimmen, sind eben nicht die gleichen. Ich habe diese Betrachtung an einen Fall der räumlichen Wahrnehmung angeknüpft, weil derselbe jedem geläufig ist, während die von uns geübte Betrachtungsweise für Farben bis jetzt wenig oder keine Anwendung fand, so daß ihr Verständnis zunächst vielleicht auf gewisse Schwierigkeiten stoßen wird. Damit der besprochene Effekt eintritt, ist es natürlich eine fast selbstverständliche Voraussetzung, daß die Beleuchtungsverhältnisse vollständig überblickbar sind; doch ist es ohne große Bedeutung, in welcher Stellung sich der Beobachter selbst zu der Farbenfläche befindet. Soll die Farbenfläche beim Herausdrehen aus der normalen Lage in ihrer ganzen Ausdehnung gleichförmig erscheinen, so darf sie nicht zu groß sein und in nicht zu großer Nähe der Lichtquelle stehen, da nur unter diesen Bedingungen die Beleuchtungsstärke für alle Flächenelemente nahezu gleich ist. Die Beleuchtungsstärke aus der Normallage herausgedrehter Flächen berechnet sich bei punktförmiger Lichtquelle in einfacher Weise aus dem Drehungswinkel. Wir werden dort, wo es nötig ist, die photometrische Bestimmung

[1] Wir denken diese Beobachtungen zunächst bei einer Beleuchtung durch eine punktförmige Lichtquelle ausgeführt.

der Beleuchtungsstärke mit Hilfe der vollständigen Reduktion durchführen.

Versuchsanordnung III. Die messenden Versuche werden wieder nur bei Tageslicht angestellt. Man braucht nicht stets von der zur Richtung des einfallenden Lichtes normalen Orientierung einer Farbenfläche beim Vergleich mit einer in anderer Lage befindlichen auszugehen. Man kann auch Farbenflächen miteinander vergleichen, von denen sich keine in der „Normallage" befindet, aber beide sich hinsichtlich ihrer Abweichung von der normalen Lage deutlich voneinander unterscheiden. Ich beschreibe hier in etwas ausführlicherer Weise eine Versuchsanordnung, die für eine ganze Reihe von Versuchen Verwendung fand (s. Fig. 8).

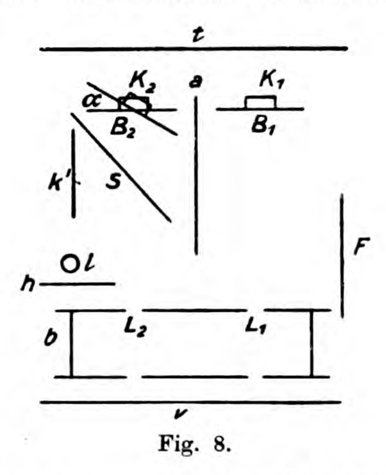


Fig. 8.

Um Wiederholungen zu vermeiden, erwähne ich bereits hier solche Einzelheiten der Anordnung, die erst für spätere Versuche in Betracht kamen.[1] Zwei Farbenkreisel K_1, K_2 sind in einem kleinen Abstand voneinander aufgestellt. Sie empfangen Licht durch ein seitwärts befindliches Fenster F des Versuchszimmers. (Zwischen beiden Kreiseln befindet sich eine Vorrichtung a, die es erlaubt, an dieser Stelle eine Pappscheibe oder Papier von dieser oder jener Durchsichtigkeit zu befestigen. Es ist hierdurch ermöglicht, die auf die eine Scheibe fallende Lichtmenge innerhalb ziemlich weiter Grenzen zu variieren und damit einen Schatten von variabler Dunkelheit auf dieser Scheibe zu erzeugen.) Der eine Kreisel K_2

[1] Das erst für spätere Versuche in Betracht Kommende habe ich in ( ) gesetzt.

kann aus seiner ursprünglichen Lage um einen gewissen Winkel α herausgedreht werden. (Bei einer Reihe von Beobachtungen wurde ein Planspiegel s vertikal und um 45° gegen die Ebene des Kreisels K_2 geneigt so aufgestellt, daß das Spiegelbild eines seitlich befindlichen Kreisels K' an derselben Stelle erschien, wo vordem sich der Kreisel K_2 befunden hatte.) Die Beobachtung der beiden Kreiselscheiben fand entweder direkt statt oder durch zwei Löcher L_1, L_2 eines grauen Doppelschirmes b (vollständige Reduktion). Den Hintergrund für beide Scheiben bildete ein Tuch von neutralem Grau. Vor dem Doppelschirm, der im Falle direkter Beobachtung der Scheiben hinaufgeschoben war, befand sich ein Vorhang v, der eine verschieden lange Exponierung der Scheiben gestattete. (Bei l kann eine Lichtquelle angebracht werden, deren Strahlen bei Anbringung eines Schirmes h den Beobachter nicht treffen.)

V e r s u c h e. K_2 ist um etwa 20° aus der ursprünglichen Lage herausgedreht und trägt eine Scheibe von 360° W. Auf Scheibe B_1 soll die Qualität, mit der Scheibe B_2 wahrgenommen wird, eingestellt werden. Methode: Grenzmethode mit auf- und absteigendem Verfahren. n = 8.

Vp. Herr Dr. Katz.

Arithm. Mitt. von B_1: 167,5° W.[1] Mittlere Var. 10,2° W. Daraus ergibt sich als H-Quotient in dem auf S. 104 definierten Sinne 167,5: 360 = 0,47.

Vp. Herr Alpers.

Arithm. Mitt. von B_1: 159,5° W.[1] Mittlere Var. 19,6° W. H-Quotient 159,5: 360 = 0,44.

Die Herabsetzung der Beleuchtungsintensität auf B_2 gegenüber der von B_1 wurde mit Hilfe des Doppelschirmes ermittelt. Waren auf B_2 360° W eingestellt, so mußten nach der Reduktion auf B_1 46,2° W eingestellt werden, damit eine vollständige Gleichung zwischen B_1 und B_2 vorhanden war. Die Herabsetzung der Beleuchtungsstärke betrug also $\frac{46,2 + 5,2}{360} = 0,14$. Diese Resultate bedürfen keiner Erläuterung. Messende Versuche mit anderen Orientierungen von K_2 oder anderen als der weißen Farbe für B_2 wurden nicht vorgenommen. Eine einfache Anordnung, um die

[1] W-Valenz des Tuchschwarz eingeschlossen.

Änderungen der Qualität und Ausgeprägtheit einer Oberflächenfarbe, die mit einer verschiedenen Orientierung derselben zur Lichtquelle einhergehen, zur Darstellung zu bringen, ist die folgende (s. Fig. 9). Man stelle ein Gasglühlicht (G) ungefähr 1 m vor der Wand

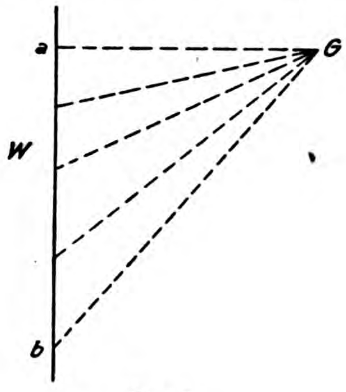


Fig. 9.

(W) eines weiß getünchten Zimmers auf, das im übrigen nicht beleuchtet ist. Die Teile der Wand, auf die die Strahlen annähernd senkrecht auftreffen (a), sind am lichtstärksten. Die Teile der Wand, die nach b liegen, sind infolge des kleiner werdenden Winkels, unter dem die Lichtstrahlen auftreffen, lichtschwächer. Man glaubt nun nicht einen einfachen kontinuierlichen Helligkeitsübergang von a nach b vor sich zu haben, sondern ein allmählich nach Grau hinziehendes Weiß in deutlich verschiedenen Stufen der Ausgeprägtheit.

§ 10. Neue Versuche über die Zweidimensionalität der Mannigfaltigkeit der tonfreien Oberflächenfarben. Versuche mit dem Episkotister.

In den bisherigen Versuchen, welche zeigen sollten, daß eine Einordnung aller tonfreien Oberflächenfarben in e i n e Farbenreihe nicht möglich sei, verglichen wir je zwei Farbeneindrücke, denen eine wesentlich verschiedene Lokalisation zukam. Man kann nicht den Einwand erheben, daß die Eindrücke aus diesem Grunde nicht vergleichbar seien; denn Verschiedenheit der Lokalisation zweier Farbeneindrücke kann wohl ihren Vergleich erschweren, macht ihn aber nicht unmöglich. Wir lassen hier Ver-

suche folgen, aus denen die Zweidimensionalität der Mannigfaltigkeit der tonfreien Oberflächenfarben auch hervorgeht, bei denen es sich aber durchweg um wesentlich gleichlokalisierte Farbeneindrücke handelt.

Versuchsanordnung IV. Die folgende Versuchsanordnung diente einer ganzen Reihe von Versuchen. Eine schematische Zeichnung mag sie verdeutlichen (s. Fig. 10). In 90 cm Ab-

Fig. 10.

stand von dem mittleren Fenster F_2 des Versuchszimmers ist ein schwarzer Schirm s aufgestellt, der bei a_1 und a_2 zwei kreisförmige Löcher von 0,7 cm Durchmesser besitzt. Ihr gegenseitiger Abstand beträgt 3 cm. In einer Entfernung von 1,4 m von diesem Schirm sind zwei Scheiben B_1 und B_2 aufgestellt, beide mit einem Durchmesser von etwa 11 cm. B_1 liegt auf einer Scheibe (S_1) von variabler Helligkeit auf (Durchmesser 20 cm), welche ihr als Hintergrund dient. Der Scheibe B_2 dient ein Schirm S_2 von neutralem Grau als Hintergrund. Etwa ½ cm hinter der Öffnung a_2 des Schirmes s befindet sich ein mit Tuchschwarz überzogener Episkotister E von variabler Öffnung. Er ist so aufgestellt, daß ein bei o befindliches Auge in der Nähe seines Randes durch ihn hindurch auf B_2 blicken kann. Bei den Versuchen wird das beobachtende Auge möglichst nahe an s herangebracht. Durch diese Annäherung wird erreicht, daß durch a_2 fast kein Licht auf die rotierende Epikotisterscheibe fällt. Bedenkt man, daß sie mit Tuchschwarz überzogen ist und daß sie von den anderen Seiten her nur Spuren von Licht empfangen kann, so wird man es berechtigt finden, wenn wir bei den folgenden Versuchen die von der Episkotisterscheibe aus ins Auge fallende Lichtmenge praktisch vernachlässigt haben. Die verschiedenen Entfernungen und Scheibengrößen sind so gewählt, daß ein in der

E-Scheibe[1] gelassener Spalt bei schneller Bewegung die von o_2 aus betrachtete Scheibe B_2 nahezu momentan vollständig freigibt und ebenso nahezu momentan wieder vollständig verdeckt[2]. Es soll hierdurch erreicht werden, daß alle von dem Lichte der Scheibe B_2 getroffenen Punkte der Netzhaut möglichst gleichzeitig erregt werden, sodaß die Erregungsverhältnisse (Anstieg und Abfall) in allen diesen Punkten zu jeder Zeit nahezu dieselben sind. (Daß bei unserer Anordnung alle überhaupt gereizten Punkte der Netzhaut absolut genommen gleich lang belichtet werden, braucht nicht erst gesagt zu werden.)

Unter den angegebenen Bedingungen mußte der ruhende E eine Öffnung von $^3/_4{}^0$ haben, damit durch diese die Scheibe B_2 gerade ganz überblickt werden konnte. Um eine Zeit, die der E für eine Drehung um $^3/_4{}^0$ nötig hat, bleibt also die „Aufdeckungs-" und ebenso die „Verdeckungszeit" der Scheibe B_2 hinter der momentanen zurück. Machte E z. B. 15 Umdrehungen in der Sekunde, so betrug jede dieser Zeiten $^1/_{7200}$ sec. Von einigem Interesse ist der Quotient k zwischen der Summe von Aufdeckungs- und Verdeckungszeit und der gesamten Expositionszeit; dieser Quotient k ist von der Rotationsgeschwindigkeit des E unabhängig und bestimmt sich aus $2.(^3/_4{}^0) : \alpha^0$, wobei α die jeweilige Öffnung des E angibt. Da α bei den folgenden Versuchen nicht unter 3^0 hinunterging, so betrug dieser Quotient ungünstigsten Falles 1 : 2.

Versuche mit Variation der Öffnung von E. B_2 ist eine Scheibe von 360^0 W. Sieht man durch a_2, so erblickt man bei allen in den Versuchen verwandten Öffnungen die Konturen von B_2, ihrer Hintergrundscheibe, des Kreiselknopfes, sowie der anderen im Gesichtsfelde befindlichen Gegenstände ganz scharf. Man hat also das Bewußtsein, eine Reihe von Gegenständen vor sich zu überblicken. Ich betone dies, weil bei Wegfall dieses Überblicks sich die mitzuteilenden farbigen Eindrücke nicht unwesentlich ändern. Besitzt der rotierende E eine Öffnung von 3^0 und blickt man von o_2 aus auf B_2, so hat man keineswegs, wie man nach dem Talbotschen Gesetz von dem Effekt periodisch wirkender Lichtreize erwarten sollte, den Eindruck einer dunkelgrauen oder nahezu schwarzen Scheibe. Vielmehr wird jeder Unbefangene die gesehene Scheibe als hellgrau oder gar als weiß ansprechen.

[1] E wird als Abkürzung für Episkotister verwendet.

[2] Anordnungen, wie sie Helmholtz (elektrischer Funken) oder Erdmann und Dodge (Projektionseinrichtung) verwendet haben, um der gleichzeitigen Reizung größerer Netzhautflächen nahezukommen, kamen für mich natürlich nicht in Betracht, weil sie den Charakter der Versuche vollständig geändert hätten.

Nur besitzt sie eine sehr geringe Eindringlichkeit. Macht man einige grobe Versuche der Art, daß man die Öffnung des E von 3° auf 10°, 20° usw. bringt, so ändert sich die Qualität der Scheibe B_2 etwas nach Weiß hin und wird eindringlicher. Wir stellen nun die Aufgabe, bei einer gegebenen Öffnung von E (etwa 3°) auf Scheibe B_1, welche durch o_1 betrachtet wird, eine Farbe von derselben Qualität (also ein weißliches Grau) einzustellen. Diese Aufgabe bietet zwar gewisse Schwierigkeiten, ist aber zu erfüllen. B_1 wird nach der Grenzmethode variiert; zuweilen, bei schwierigen Einstellungen, wurde B_1 B_2 auch bestmöglich gleichgemacht, indem zu einem bereits überschrittenen Wert zurückgekehrt wurde. Der Hintergrund von B_2 wird dem von B_1 stets seiner retinalen Wirksamkeit nach möglichst nahe gebracht, wobei die Wirksamkeit des Hintergrundes von B_2 unter Berücksichtigung der Lichtstärke von S_2 und der jeweiligen Öffnung von E nach dem Talbotschen Gesetz bestimmt wurde. Dieses Verfahren hielten wir zur Erzielung annähernd gleicher Kontrastverhältnisse für beide Scheiben für geboten; gleiche Kontrastverhältnisse sind bei dieser Anordnung vorhanden unter der Voraussetzung, daß die Kontrastwirkungen durch die retinalen Erregungsverhältnisse bestimmt sind, woran zu zweifeln ich nach dem Gang bisheriger Kontrastversuche, zumal nach den Ergebnissen eigener Versuche, welche sich auch auf Farben erstrecken, die unter dem Einfluß verschiedener zentraler (psychologischer) Faktoren zustandekommen, keine Ursache habe.[1] Übrigens stellen die Hintergründe Flächen so geringer Lichtstärke dar, daß die von ihnen ausgehenden Kontrastwirkungen als unbeträchtlich angesehen werden dürfen. Diese geringe Lichtstärke macht es bei dem allgemeinen Charakter der vorliegenden Versuche verständlich, daß die beiden Hintergründe auch subjektiv nahezu den gleichen Eindruck machen. Ich habe mich durch Versuche davon überzeugt, daß auch bei nicht unbedeutenden Änderungen nur eines Hintergrundes die Resultate nicht wesentlich anders ausfallen. Damit die Hintergründe auch hinsichtlich ihrer Buntfarbigkeit subjektiv gleich erschienen, was infolge besonderer noch zu besprechender Verhältnisse trotz der Verwendung nur tonfreier Papiere nicht der Fall war, wurden dem Hintergrund von B_1 noch kleine Mengen Orange (1°—2°) zugesetzt.

[1] Siehe unten Abschnitt VI.

Vp. Herr HOFMANN (P). Dieser Vp. erschien B_2 nicht ganz tonfrei. Die positive Bestimmung der wahrgenommenen Buntheit war aber nicht so ganz leicht. Ihr Grundton war wohl ein Rot, das manchmal ins Blaue, zuweilen auch ins Gelbe hinüberspielte. Die Buntheit trug einen so unbestimmten Charakter, daß es nicht möglich war, denselben Eindruck durch Zusatz von farbigen Sektoren auf Scheibe B_1 zu erreichen. Es schwankte nicht eigentlich der sinnliche Eindruck der Buntfarbigkeit als vielmehr ihre Beurteilung, wie die Vp. einmal erklärte. So kam es, daß bei Versuchen mit derselben Öffnung von E an aufeinanderfolgenden Tagen zuweilen ein gelbliches, dann wieder ein bläuliches Rot auf B_1 verwendet werden mußte. Es wurden nur die W-Valenzen der farbigen Papiere berücksichtigt. Wenn ich nicht Einstellung nach Einstellung mitteilen wollte, mußte ich auf die Angabe der buntfarbigen Sektoren verzichten, wobei ich allerdings erwähnen will, daß es sich immer nur um 1°—2° bunter Farbe gehandelt hat.

$B_2 = 360°$ W. n = 8.

E 90°.[1]	$B_1 = 117°$ W	E 10°.	$B_1 = 87°$ W
E 30°.	$B_1 = 98°$ W	E 3°.[2]	$B_1 = 81°$ W.

Würde sich der durch unsere Reizkombination (E + B_2)[3] bedingte Helligkeitseindruck nur nach dem TALBOTschen Gesetz bestimmen, so müßten wir auf B_1 ganz andere Einstellungen als die wirklich erhaltenen finden. Für E 90° z. B. wäre, da aus schon angegebenen Gründen das vom Tuchschwarz des E, nicht aber vom Tuchschwarz der Scheibe B_1 ausgesandte Licht praktisch vernachlässigt werden kann, eine Einstellung von 90° W auf B_1 bereits zu hell. Unsere Einstellung weicht also von der zu erwartenden um mehr als 27° W ab. Je kleiner die Öffnung von E wird, desto schärfer tritt die Abweichung von den zu erwartenden Resultaten zutage und

[1] E 90°, E 30° usw. ist eine kurze Bezeichnung für: Die Episkotisterscheibe besitzt einen Ausschnitt von 90°, 30° usw. Um bei mäßiger Rotationsgeschwindigkeit des Kreisels Flimmern zu vermeiden, wurde bei mehr als 30° meist mit zwei Öffnungen in E gearbeitet. Für den Ausfall der Versuche macht es nach eigenen Versuchen nichts aus, ob man bei solchen Gradzahlen mit einer Öffnung oder mit zwei Öffnungen operiert.

[2] Für E 3° ließen sich die Hintergründe nicht genau gleich machen. Für S_2 ist in diesem Falle kein höherer Helligkeitswert als 3° W zu erzielen, während man mit dem Helligkeitswert von S_1 nicht unter 6° W heruntergehen kann.

[3] Wir werden (E + B_2) als kurze Bezeichnung für unsere aus dem Episkotister und der Scheibe B_2 bestehende Reizkombination verwenden.

erreicht bei E 3° (Abweichung größer als 81°—3°) eine direkt überraschende Größe. Nun würden sich aber aus unseren Resultaten triftige Einwände gegen die Gültigkeit des Talbotschen Gesetzes bei einer Reizkombination (E + B_2) der vorliegenden Art nur dann herleiten lassen, wenn es sich bei unseren Gleichungen um vollgültige Gleichungen handelte. Letzteres trifft nicht zu. Es liegen wohl qualitative Gleichungen vor, aber die Einstellungen auf B_1 besitzen alle eine höhere Eindringlichkeit. Wir untersuchen später, ob diese Eindringlichkeitsdifferenz die Abweichung vom Talbotschen Gesetz verständlich macht, oder ob letzteres etwa einer gewissen Ergänzung im Hinblick auf unsere Versuche bedarf. Hier interessiert uns zunächst die Tatsache, daß in unseren Einstellungen 117°, 98°, 87°, 82° W vier verschiedene hellgraue Farben vorliegen, denen vier qualitativ gleiche Eindrücke von niedrigerer Eindringlichkeit und Ausgeprägtheit auf B_2 entsprechen. Die Deutlichkeit in der Eindringlichkeitsdifferenz der eingestellten Qualitäten nimmt von E 90° nach E 3° deutlich zu. Bei größerer Öffnung von E als der hier verwandten gelangt man zu Qualitäten, die dem Weiß näher stehen, aber es geht auch die Deutlichkeit der Differenz der Ausgeprägtheitsstufen zurück. Es liegt bei diesen Versuchen eine gewisse Komplikation darin, daß jede Änderung von E eine Qualitäts- und Eindringlichkeitsänderung des durch (E + B_2) ausgelösten Farbeneindrucks nach sich zieht. Wieweit es durch gleichzeitige passende Variation der Öffnung von E und der Helligkeit von B_2 möglich ist, eine Ausgeprägtheits reihe derselben Qualität herzustellen, müssen eingehende Versuche lehren. Die Erscheinungen, deren Betrachtung uns hier am Herzen lag, sind bei Verwendung einer Scheibe B_2 = 360° W am deutlichsten, so daß wir uns (auch wegen Zeitersparnis) auf sie beschränkten.

Es ist bei den Versuchen bis jetzt vorausgesetzt worden, daß die Vp. B_2 mit ihrer Oberflächenfarbe sieht und den Überblick über deren Umgebung hat. Das ist bei der kleinen Entfernung zwischen a_2 und dem Auge, wie wir sie bei unseren Versuchen beibehielten, auch der Fall, solange das Auge auf B_2 akkommodiert bleibt. Wird zwischen E und B_2, aber dichter an E, ein gelochter Schirm angebracht, so erscheint das Stück der Scheibe B_2, das man durch das Schirmloch wahrnehmen kann, mehr als Flächenfarbe. Es wird für die Diskussion der Resultate am zweckmäßigsten sein, zu-

nächst die auf S. 108 f. angegebene Betrachtungsweise auch den hier erhaltenen Resultaten gegenüber anzuwenden, also unsere Versuche so aufzufassen, als „berücksichtige" die Vp. bei Betrachtung der Oberflächenfarbe von B_2 die durch E bedingte Herabsetzung der Beleuchtungsintensität.[1] Daß diese Berücksichtigung keine ideale ist, ergibt sich als erstes, sonst müßten alle unsere Einstellungen auf B_2 360 ° W ergeben haben. Die qualitative Änderung der Farbe von B_2, d. h. ihre Verschiebung nach Grau, ist absolut genommen um so stärker, je kleiner die Öffnung von E wird, und bewirkt für B_2 eine um so stärkere Annäherung an Grau, je lichtschwächer der entsprechende, nach dem TALBOTschen Gesetz berechnete Wert von (E + B_2) wird.

Für unsere Versuche ergeben sich als H-Quotienten (H-Reihe)

E 90°.	121[2] : 360 = 0,336	E 10°.	91,6 : 360 = 0,243
E 30°.	102,4 : 360 = 0,284	E 3°.	85,7 : 360 = 0,238

Die H-Quotienten sind alle als ziemlich niedrig zu bezeichnen, wenn man sie mit den (für A = 360 ° W) bei den obigen Versuchen erhaltenen vergleicht (s. S. 104 ff.), was besagt, daß die Berücksichtigung der besonderen Beleuchtungsverhältnisse sich hier dem Ideal weniger nähert als bei den früheren Versuchen. Absolut genommen übertrifft der Helligkeitsquotient für E 90 ° den für E 30 °. Ein ganz anderes Bild ergibt sich, wenn man die auf B_1 eingestellten Lichtstärken ihrer physiologischen Wirksamkeit nach vergleicht mit den entsprechenden Werten der Reizkombination (E + B_2). Es ergeben sich als Werte (Q-Quotienten, die Reihe der Q-Quotienten bezeichnen wir als Q-Reihe)

E 90°.	121 : 90 = 1,34	E 10°.	91,6 : 10 = 9,16
E 30°.	102,4 : 30 = 3,41	E 3°.	85,7 : 3 = 28,6

Aus diesen Werten folgt, daß unter Berücksichtigung der bei E 90 °, E 30 °, E 10 ° und E 3 ° physiologisch in Ansatz zu bringenden Lichtstärken die Aufhellung, welche B_2 bei der Betrachtung erfährt, von E 90 ° nach E 3 ° beträchtlich wächst. Eine kleine Aufhellung ist schon für E 90 ° vorhanden, dagegen ist die für E 3 ° als überraschend hoch zu bezeichnen.

Vp. Herr Prof. MÜLLER (Mü). Eine verschiedene Buntfarbigkeit von B_1 und B_2 kam nicht zur Beobachtung. Es mag dies

[1] Eigentlich: Herabsetzung der Lichtwirkung von B_2 auf das Auge.
[2] W-Valenz des Tuchschwarz berücksichtigt.

durch die Farbenschwäche dieses Beobachters bedingt sein. Die Zahl der Öffnungen von E, mit denen Versuche angestellt wurden, wurde um 3 vermehrt. Den Hauptwerten liegen vier sehr sorgfältige Einstellungen nach der Grenzmethode zugrunde.

$B_2 = 360^0$ W. n = 4.

E 270°.	$B_1 = 298{,}9^0$ W	E 30°.	$B_1 = 103^0$ W[1]
E 180°.	$B_1 = 247{,}4^0$ W	E 10°.	$B_1 = 106^0$ W
E 90°.	$B_1 = 136^0$ W	E 3°.	$B_1 = 63^0$ W
E 60°.	$B_1 = 118^0$ W		

Als H-Quotienten ergeben sich (H-Reihe)

E 270°.	299,9 : 360 = 0,833	E 30°.	107,3 : 360 = 0,298
E 180°.	249,3 : 360 = 0,692	E 10°.	110,2 : 360 = 0,306
E 90°.	139,7 : 360 = 0,388	E 3°.	68 : 360 = 0,189
E 60°.	122 : 360 = 0,339		

Wir berechnen auf gleiche Weise wie früher die Q-Reihe

E 270°.	299,9 : 270 = 1,11	E 30°.	107,3 : 30 = 3,58
E 180°.	249,3 : 180 = 1,39	E 10°.	110,2 : 10 = 11,02
E 90°.	139,7 : 90 = 1,55	E 3°.	68 : 3 = 23,7
E 60°.	122 : 60 = 2,03		

Die Resultate bestätigen in ihrem gesamten Gang die mit Vp. P erhaltenen. Auch die Einstellungen für die neuen Öffnungswerte von E entsprechen durchaus den Werten, die man nach den anderen zu erwarten hatte. Wenn wir die von beiden Vpn auf B_1 gegebenen Einstellungen miteinander vergleichen, so finden wir, daß sie bei gleicher Öffnung von E nicht eine gemeinsam haben. Hält man für verschiedene Vpn an der gleichen Einstellung von E sowie der gleichen Helligkeit für B_2 fest (wie wir es taten), so ist es immer nur als Zufall zu betrachten, wenn man dabei zu gleichen Einstellungen auf B_1 gelangt.

Man könnte natürlich auch so vorgehen, daß man unter Fixierung einer bestimmten E-Öffnung die für eine Vp. gefundene Einstellung von B_1 festhält und nun B_2 so lange für eine zweite Vp. variiert, bis sie B_2 die gleiche Qualität zuerkennt, die sie auf B_1 wahrnimmt. Unser praktisch durchgeführtes Verfahren erlaubt ganz ähnliche Schlüsse zu ziehen wie dieses mögliche Verfahren.

Wir wollen hier Mitteilung machen von einigen interessanten Beobachtungen, die Herr Prof. Müller bei der Betrachtung der Scheibe B_2 zu Protokoll gab. Besonders bei kleinster Öffnung

---

[1] Eigentlich hätte sich für E 30° eine höhere Gradzahl ergeben sollen als für E 10°. Man hat es hier wohl mit einer Zufälligkeit zu tun, die durch die kleine Versuchszahl bedingt ist.

von E sieht er auf B_2 eine Schwärzlichkeit liegen, die er für sich abstrahierend erfassen kann. In gleicher Weise kann er sich durch Abstraktion die Weißlichkeit dieser Scheibe isoliert zum Bewußtsein bringen. Es liegen hier also tonfreie Farben vor, in denen sich dem Beobachter eine schwärzliche und eine weißliche Komponente darbieten, von denen er die eine unter Abstraktion von der anderen erfassen kann, während ihm ein ähnliches Verfahren gegenüber tonfreien Farben sonst, z. B. gegenüber den Farben auf B_1, nicht möglich ist. Bei den angestellten Vergleichen suchte er stets die Schwärzlichkeit der durch E gesehenen Scheibe B_2 zu erfassen und von dieser zu abstrahieren. Es wäre ihm als unnatürliches Verhalten erschienen, bei den Versuchen von der Weißlichkeit der Scheibe B_2 zu abstrahieren. Vp. hält es nicht für ausgeschlossen, daß bei Beobachtung des letzteren Verhaltens die Resultate anders ausgefallen wären.

Die Beziehungen unserer Versuche mit dem Episkotister und über Lichtperspektive zu Farbenwahrnehmungen des gewöhnlichen Lebens.

Indem wir die vom vollen Tageslicht getroffenen Gegenstände durch einen Episkotister mit variabler Öffnung betrachten, haben wir es in der Hand, den Eindruck derjenigen Beleuchtungsverhältnisse künstlich zu erzeugen, die für gewöhnlich nur durch den natürlichen Wechsel in der Tagesbeleuchtung eintreten.[1] Während aber in der freien Natur in der Regel nur eine bestimmte Beleuchtung vorhanden ist, verschiedene nur sukzessiv vorkommen, haben wir bei unseren Episkotisterversuchen Gegenstände unter zwei verschiedenen Beleuchtungsstärken zum Vergleich nebeneinander. (Es steht natürlich dem nichts im Wege, mehr als zwei verschiedene Beleuchtungsstärken nebeneinander herzustellen.) Zwischen den Beobachtungsbedingungen bei natürlicher und künstlicher Beleuchtungsherabsetzung wird meist auch in der Beziehung ein gewisser Unterschied gegeben sein, daß wegen der allmählichen Änderung der Beleuchtungsstärke im Laufe des

[1] Wenn wir einmal absehen von den qualitativen Änderungen, welche das Tageslicht im Laufe des Tages erleidet. S. Anm. auf S. 96.

Tages eine volle Adaptation des Auges an die jeweilige Beleuchtungsstärke eintritt, während eine solche Daueradaptation bei unseren Episkotisterversuchen wegen der kurzen Betrachtungszeiten und des schnellen Wechsels zwischen der Betrachtung von B_1 und B_2 ausgeschlossen ist. Die wenn auch nur eingeleitete Dunkeladaptation läßt die Oberflächenfarben mehr als Flächenfarben erschenien (vgl. § 23). Schon aus diesem Grunde wäre es nicht statthaft, anzunehmen, daß unsere Versuche ein in jeder Beziehung getreues Bild von der Farbenwahrnehmung geben, wie sie in der Natur eintritt, wenn die Beleuchtungsstärke dort auch derjenigen unserer Episkotisterversuche ganz gleich ist. Aber auch aus anderen Gründen dürfen wir nicht von unseren messenden Versuchen ohne weiteres auf gleiche qualitative Verschiebungen der Farben unter den gleichen natürlichen Beleuchtungsverhältnissen schließen. Es ist nämlich nicht zu vergessen, daß von natürlichen Beleuchtungsänderungen vielfach das ganze Gesichtsfeld betroffen wird, sodaß gar nicht wie bei unseren Versuchen die Möglichkeit zu einer vergleichenden Betrachtung der Farben unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen vorhanden ist. Das bedingt aber einen Unterschied in der Farbenbeurteilung, indem in Versuchen unwillkürliche Nebenvergleiche hinsichtlich der Eindringlichkeit das Urteil viel leichter in einer besonderen Richtung beeinflussen können (s. S. 107). So haben wir anzunehmen, daß sich in unseren Versuchen der Einfluß der jeweiligen Beleuchtung gegenüber einer vergleichslosen Beurteilung von Farben in etwas übertriebener Weise geltend macht. Diese Behauptung läßt sich im einzelnen Fall verifizieren, indem man durch den Episkotister betrachtete Oberflächenfarben für sich qualitativ beurteilen läßt. Man erhält z. B. meist für den Fall, daß $B_2 = 360°$ W ist und E eine Öffnung von 3° hat, die absolute Beurteilung von B_2 als „fast weiß", während beim Vergleich auf B_1 bereits mehr graue Farben als B_2 qualitativ gleich eingestellt werden. Um den natürlichen Verhältnissen der Farbenwahrnehmung näherzukommen, erwog ich, B_2 dem Beobachter zu zeigen, ohne ihm davon Mitteilung zu machen, daß eine Vergleichung geplant sei und dann vollständig aus dem Gedächtnis die Einstellung auf gleiche Qualität auf B_1 vornehmen zu lassen. Dabei wird aber diese Einstellung mit einer solchen Unsicherheit behaftet, daß ich es für zwecklos hielt, solche Versuche durchzuführen. Nun könnte man aber doch einwenden, daß wenigstens

bei solchen natürlichen Beleuchtungsverhältnissen, die es gestatten, von Lichtperspektive zu sprechen, die Möglichkeit zu einer vergleichenden Beurteilung der Farben, die sich unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen befinden, gegeben sei. Demgegenüber ist aber geltend zu machen, daß die Farbenbetrachtung des Lebens überhaupt von der kritischen, vergleichenden des Forschers abweicht. Sie ist vielmehr eine absolute, die sich von bewußter Vergleichung der Farben für gewöhnlich fernhält. Darum müssen wir auch bei unseren Versuchen über Lichtperspektive damit rechnen, daß die Beleuchtungsverhältnisse gegenüber der nicht vergleichenden Farbenwahrnehmung des Lebens im großen ganzen eine geringere Berücksichtigung erfahren.

Da durch die Trennung, die wir zwischen den Versuchen über Lichtperspektive und mit dem Episkotister vorgenommen haben, der Anschein erweckt werden könnte, als handle es sich in beiden Fällen um gänzlich verschiedene Angelegenheiten, so ist es vielleicht zweckdienlich, auf das Verhältnis dieser Versuchsgruppen zueinander kurz einzugehen. Durch den Episkotister tritt eine Herabsetzung der Beleuchtungsintensität in dem gesamten Gesichtsfeld ein, ähnlich wie bei eintretender natürlicher Dämmerung. Betrachten wir, wie in unseren Versuchen auf S. 100 ff., die Wand im Hintergrunde eines Zimmers mit den an ihr oder in ihrer Nähe befindlichen Objekten, so herrscht auch nahezu im ganzen Gesichtsfeld, zum mindesten aber in einem großen Teile desselben, herabgesetzte Beleuchtungsstärke. Gegenstände, die sich in größerer Nähe des Fensters befinden, erscheinen in stärkerer Beleuchtung. Füllen letztere wie bei den obigen Versuchen nur einen kleinen Teil (K) des Gesichtsfeldes aus, so erscheinen sie wegen des Kontrastes zum übrigen Gesichtsfeld von größerer Helligkeit, als wenn bei Ausfüllung mit objektiv gleichen Farben das gesamte Gesichtsfeld ihre Beleuchtungsstärke besäße. Andererseits lassen sie die neben ihnen erscheinenden Teile der hinteren Wand wegen des Kontrastes dunkler erscheinen, als wenn sich das gesamte Gesichtsfeld unter der Beleuchtungsstärke der hinteren Wand befinden würde. Die entfernte Wand des Zimmers erfüllt nicht das gesamte Gesichtsfeld (wir setzen hier voraus, daß diese Wand wie in unseren Versuchen in ihrer ganzen Ausdehnung annähernd gleich stark beleuchtet ist); auf sehr peripheren Teilen (P) der Netzhaut bilden sich Gegenstände des Zimmers ab, die unter stärkerer Beleuchtung

als die hintere Wand stehen. Sehen wir aber von dieser Ungleichheit der Beleuchtung in den K- und P-Teilen des Gesichtsfeldes ab, so liegt kein Unterschied zwischen der durch den Episkotister herabgesetzten Beleuchtung normal beleuchteter Objekte und der durch die Lage von Objekten im Hintergrund des Zimmers bedingten Herabsetzung der Beleuchtung vor. Ich lege darum auf diese Tatsache besonderen Nachdruck, weil sich für den Fall der Beleuchtungsherabsetzung durch den Episkotister in einer instruktiveren Form der Nachweis erbringen läßt, daß die dabei eintretenden Änderungen der Farben an Qualität und Ausgeprägtheit einer bestimmten, aufweisbaren Gesetzmäßigkeit gehorchen, wonach dann für die Erscheinungen bei Lichtperspektive ein Ähnliches folgt (s. § 37). Wir können die Versuche über Lichtperspektive mit den E-Versuchen kombinieren, indem wir unsere Anordnung für Lichtperspektive einmal direkt, ein anderes Mal durch den Episkotister betrachten. Die Wirkung auf die Beleuchtung ist dann eine solche, als sei die Tagesbeleuchtung im Zimmer herabgesetzt. Das die Erscheinung der Lichtperspektive Auszeichnende ist, daß im Gesichtsfeld nebeneinander Objekte unter verschiedenen Beleuchtungsstärken gegeben sind, welche die Aufmerksamkeit entweder simultan erfassen oder denen sie sich wenigstens in schnellem Wechsel zuwenden kann und die durch bestimmte räumliche Verhältnisse miteinander verknüpft sind.

§ 11. Versuche über die Eindringlichkeit tonfreier Oberflächenfarben sekundär verschiedener Erscheinungsweise.

Versuche mit dem Episkotister. Ich habe bereits erwähnt, daß B_1 bei den Versuchen des vorigen Paragraphen stets B_2 an Eindringlichkeit übertraf. In einer kurzen Versuchsreihe, deren Resultate ich hier folgen lasse, forderte ich nun Herrn Prof. Müller auf, beide Scheiben auf gleiche Eindringlichkeit einzustellen. Die Vp. konnte dabei nach ihren Aussagen ein doppeltes Verhalten beobachten. Sie konnte darauf achten, wie sich die Scheiben von ihrem Hintergrund abhoben, und sie hätte dann die Einstellung so treffen können, daß sich beide Scheiben gleich stark vom Hintergrunde abhoben. Sie konnte aber auch die Scheiben auf gleiche Mattigkeit einstellen, so daß sie sich von beiden gleich stark

affiziert fühlte. In dem zweiten Falle wurde die Aufmerksamkeit auf die Farbe der Scheiben selbst konzentriert und vom Hintergrund abgelenkt. Ich ließ letzteres Verhalten beobachten, da es mir darauf ankam, zu prüfen, unter welchen Umständen bei unserer Anordnung einzelne Farben von Flächen, nicht aber Helligkeitsdifferenzen von Flächen in gleichem Maße affizierend auf die Vp. wirken. Es braucht nicht ausdrücklich gesagt zu werden, daß diese Eindringlichkeitsgleichungen qualitative Ungleichungen bedeuten; B_1 ist in allen Fällen deutlich dunkler.

$B_2 = 360^0$ W.
E 30^0. $B_1 = 25^0$ W E 3^0. $B_1 = 1^0$ W
E 10^0. $B_1 = 9^0$ W

Stellen wir die Lichtstärken einander gegenüber, die wir bei diesen Gleichungen auf „Eindringlichkeit" für B_1 und B_2 retinal als wirksam anzunehmen haben, so erhalten wir (unter Berücksichtigung der W-Valenz des Tuchschwarz von B_1)

E 30^0. $B_1 = 30{,}7^0$ W, $B_2 = 30^0$ W E 3^0. $B_1 = 7^0$ W, $B_2 = 3^0$ W
E 10^0. $B_1 = 14{,}8^0$ W, $B_2 = 10^0$ W

Wir sehen, daß je zwei zusammengehörige Werte von B_1 und B_2 nicht beträchtlich voneinander abweichen. Die Werte von B_1 sind etwas größer, bei kleiner werdender Episkotisteröffnung wächst die Differenz zwischen den Werten von B_1 und B_2. Zwei tonfreie Oberflächenfarben erscheinen unbeschadet ihrer qualitativen Verschiedenheit dann gleich eindringlich, wenn die durch E betrachtete Scheibe an retinaler Wirksamkeit der anderen Scheibe gleich ist oder etwas hinter ihr zurücksteht. Auf dieses Resultat, das eine gewisse theoretische Wichtigkeit besitzt, werden wir später noch mehrfach zu sprechen kommen.

Im Anschluß an diese Versuche berichte ich über einige Beobachtungen, die ich zur Prüfung derselben Frage mit der Versuchsanordnung II (S. 100) angestellt habe. Ich bediene mich bei diesem Bericht der gleichen Bezeichnungen wie früher. Bei jenen Versuchen über Lichtperspektive erschienen die Einstellungen auf B unter allen Umständen eindringlicher als die auf A. Ich versuchte nun, für zwei bestimmte Werte auf A gleich eindringliche Einstellungen auf B zu ermitteln. Ich gab die Vorschrift, die Vp. möchte die Oberflächenfarbe jeder Scheibe für sich erfassen und deren Eindringlichkeiten miteinander vergleichen. Erteilt man

nämlich diese Vorschrift nicht, so stellt sich der Beobachter, dem man die Aufgabe gibt, die Eindringlichkeitswerte der Scheiben miteinander zu vergleichen, von vornherein so ein, daß er beide Scheiben unter möglichst gleichen Umständen sieht, indem er z. B. beide an die Wand oder auch in eine fingierte Ebene vor der Wand lokalisiert. Dadurch kommt natürlich ein neues Moment (weniger scharfes Erfassen der verschiedenen Beleuchtungsverhältnisse von A und B) in die Versuche hinein, welches wir hier ausgeschaltet wissen wollen. Vp. Herr BUSEMANN (B). Grenzmethode. n = 4.

Einstellung auf gleiche Qualität. Werte I.

1.	Scheibe A:	360° W	Scheibe B:	183,5° W [1]
2.	„	180° W	„	69,4° W

Einstellung auf gleiche Eindringlichkeit. Werte II.

1.	Scheibe A:	360° W	Scheibe B:	118,4° W
2.	„	180° W	„	57,5° W

Einstellung auf volle Gleichheit nach Reduktion. Werte III.

1.	Scheibe A:	360° W	Scheibe B:	104,4° W
2.	„	180° W	„	51,3° W

Bei den im § 10 mit dem E angestellten Versuchen zeigte sich, daß die Aufhellung von B_2 bei kleinster Öffnung relativ am größten war. Es wird sich auch weiterhin herausstellen, daß innerhalb gewisser Grenzen jedesmal bei der von der normalen am stärksten abweichenden Beleuchtung die in Frage stehenden Wirkungen zentraler Faktoren am deutlichsten sind. Da nun A in den vorliegenden Versuchen nicht sehr schwach beleuchtet ist (s. dessen Wert nach Reduktion), so wird es verständlich, daß bei den vorliegenden Versuchen die H-Quotienten verhältnismäßig hoch, die Q-Quotienten verhältnismäßig niedrig ausgefallen sind; für A = 360° W wird H = 0,51, Q = 1,8, für A = 180° W wird H = 0,41, Q = 1,3. Hier interessieren uns aber weniger die Werte, die wir bei Einstellung auf gleiche Qualität erhalten haben. Es kommt uns vor allem auf einen Vergleich der Werte II mit den Werten I und III an. Greifen wir zunächst die Werte für A = 360° W heraus. Der Wert II weicht vom Werte I ganz beträchtlich ab

[1] Auf die Verschiedenheit, die zwischen den Scheiben A und B hinsichtlich ihrer Buntheit bestand, wurde bei diesen Einstellungen keine Rücksicht genommen.

und nähert sich sehr dem Werte III. Die entsprechenden Differenzen sind 65,1° W und 14° W. Es folgt hieraus, daß eine nach Reduktion eingestellte Gleichung eher auch als Eindringlichkeitsgleichung anerkannt werden könnte denn als eine qualitative Gleichung. Ich vermute sogar, daß die Werte II und III sich der Gleichheit noch mehr genähert hätten, wenn sich die Vp. in ihrem Urteil noch konsequenter als sie es getan hat wirklich nur durch die Verhältnisse der Eindringlichkeit hätte bestimmen lassen. Es ist natürlich nicht ganz leicht, darauf zu achten, daß die Scheiben A und B nur hinsichtlich ihrer Eindringlichkeit gleich werden. Sehr wohl können nichtgewünschte, unwillkürliche Nebenvergleiche die Einstellungen nach einer bestimmten Richtung beeinflussen. So muß die große qualitative Differenz zwischen A und B, die sich natürlich stark aufdrängt, gerade in einem solchen Sinne auf die Einstellungen wirken, daß die Differenz zwischen den Werten II und III positiv ausfällt, wie es bei unseren Versuchen der Fall ist. Scheibe A erscheint nämlich bei den Einstellungen auf gleiche Eindringlichkeit weiß bis hellgrau, Scheibe B weiß bis dunkelgrau. (Vgl. hierzu unsere Ausführungen über die Nebenvergleiche auf Eindringlichkeit, wenn es sich bei den Hauptvergleichen um die Qualität handelt. S. 107.) Wären diese Nebenvergleiche nicht vorhanden, so würde die Differenz zwischen den Werten II und III sicher kleiner ausgefallen sein. (Es ist anzunehmen, daß selbst ausgezeichnete Beobachter sich von solchen Nebenvergleichen nicht ganz frei machen können, sodaß auch die Einstellungen des Herrn Prof. Müller auf S. 133 nicht ganz davon frei sind.) Man kann vielleicht eine gewisse Bestätigung dieser Annahme auch in dem Ausfall der Versuche mit A = 180° W sehen, wo die Differenz der Werte II und III nur 6,2° W beträgt. Die qualitative Differenz zwischen den Scheiben A und B ist für A = 180° W nämlich (aus früher angeführten Gründen, vgl. S. 110f.) bei weitem nicht so groß wie bei den Versuchen mit A = 360° W. Der vorliegende Befund bildet eine gewisse Ergänzung zu dem auf S. 133 bei den Versuchen mit dem Episkotister ermittelten Resultat: Bei Versuchen über Lichtperspektive erscheinen zwei Oberflächenfarben, die sich unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen befinden, dann gleich eindringlich, wenn sie annähernd gleiche Lichtmengen in das Auge senden.

Einige Beobachtungen, welche die Vp. B bei den Einstellungen auf Eindringlichkeitsgleichheit gemacht hat, möchte ich wegen des psychologischen Interesses, welches sie darbieten, nicht ganz unterdrücken. „Handelt es sich um Einstellungen auf gleiche Eindringlichkeit, so ist eine gewisse oberflächliche Art der Betrachtung beider Scheiben vorteilhaft. Die Scheiben werden nicht so recht als Objekte von bestimmter Entfernung aufgefaßt. Man läuft mehr mit der Aufmerksamkeit darüber hinweg. Darauf fragt man sich: Wie hebt sich jede Scheibe aus dem übrigen Gesichtsfeld heraus? Zuweilen wird die vordere Scheibe deutlich als „vorn" befindlich erfaßt oder drängt sich als solche auf. Hierdurch wird die Vergleichung der beiden Scheiben auf ihre Eindringlichkeit sehr erschwert." War die angegebene innere Einstellung, mit der Aufmerksamkeit mehr über die Farbenflächen hinwegzueilen, einmal verloren gegangen und drängte sich die Scheibe B als v o r n befindlich auf, so blieb mir meist wegen der eingetretenen Erschwerung der Vergleichung nichts weiter übrig, als die Versuche der Einstellung auf Eindringlichkeitsgleichheit abzubrechen. Diese innere Einstellung zielt natürlich, wie man ohne weiteres erkennt, darauf hin, durch Angleichung der Lokalisation von A und B die zwischen beiden bestehende qualitative Differenz, die z. T. auf Rechnung ihrer verschiedenen Lokalisation zu setzen ist, zurückzudrängen. Man könnte nun einwenden, durch die besondere innere Einstellung der Vp. hätten die Versuche aufgehört, solche über Eindringlichkeit v e r s c h i e d e n b e l e u c h t e t e r O b e r f l ä c h e n f a r b e n zu sein; diese innere Einstellung wirke ähnlich wie eine durch äußere Vorrichtungen bewirkte Reduktion auf dieselbe Beleuchtung. Demgegenüber machen wir darauf aufmerksam, daß die Aussage der Vp., die Scheiben würden nicht bestimmt lokalisiert, wohl nur so zu verstehen ist, daß die Lokalisation nicht die g l e i c h e Bestimmtheit besitzt wie bei ganz unbefangener Betrachtung.

N e u e V e r s u c h e ü b e r d i e E i n d r i n g l i c h k e i t v e r s c h i e d e n b e l e u c h t e t e r O b e r f l ä c h e n f a r b e n.[1] Die Frage nach der Eindringlichkeit verschieden beleuchteter Oberflächenfarben schien mir theoretisch von so großer Wichtig-

---

[1] Wir verwenden bei diesen Versuchen auch „beschattete" Oberflächenfarben, deren Besonderheit wir erst später untersuchen. Wir berichten über diese Versuche bereits hier, weil wir die Versuche über Eindringlichkeit verschieden beleuchteter Oberflächenfarben im Zusammenhang darstellen wollten.

keit, daß ich ihr noch auf eine andere Weise beizukommen trachtete. Das Verfahren war insofern indirekt, als ich festzustellen versuchte, welchen Zuwuchs an Licht zwei verschieden beleuchtete Oberflächenfarben empfangen müssen, damit dieser Zuwuchs gerade merklich sei. Sollte sich herausstellen, daß bei zwei verschieden beleuchteten Oberflächenfarben, die Licht von retinal gleicher Wirksamkeit aussenden, d e r s e l b e Z u w u c h s von Licht notwendig ist, so ist damit sehr wahrscheinlich geworden, daß den durch die beiden Eindrücke ausgelösten psychophysischen Erregungen die gleiche Intensität zuzusprechen ist. Gerade zur Beantwortung dieser Frage ist unsere indirekte Methode nicht zu umgehen, weil durch sie vollständig ausgeschlossen wird, daß nichtgewünschte Nebenvergleiche der Q u a l i t ä t e n das Urteil über die Eindringlichkeit, die als das wichtigste Kriterium der Intensität psychophysischer Prozesse zu betrachten ist, beeinflussen. Die Anordnung zur Untersuchung dieser Frage mußte wegen der Besonderheit der vorhandenen Beleuchtungsverhältnisse eine kompliziertere Form erhalten, als man es wohl zunächst für nötig halten möchte. Ich gebe aber, ohne mich auf die bloße Mitteilung der Resultate zu beschränken, eine genauere Beschrei-

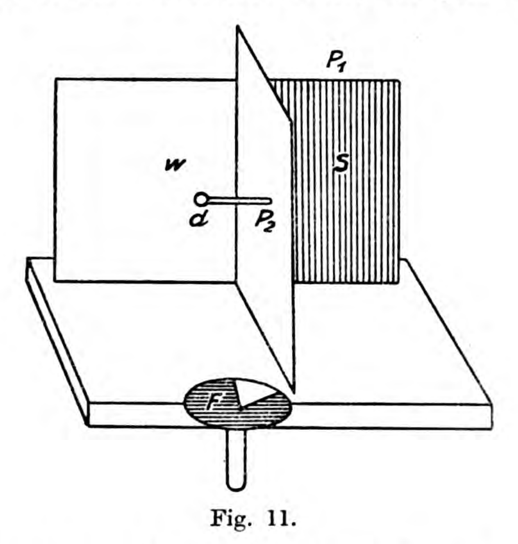


Fig. 11.

bung der Versuchsanordnung, weil ich ihr eine allgemeinere Verwendbarkeit auch in anderen Fällen von Schwellenbestimmungen von Farben zuschreibe.

Versuchsanordnung V. (Fig. 11.) Eine rechteckige Pappe P_1 von etwa 40 cm Höhe, 60 cm Breite wird zur Hälfte mit weißem (w) und zur Hälfte mit schwarzem (s) Papier beklebt. Vor diese vertikal aufgestellte Pappe stelle ich senkrecht dazu und sie berührend eine schwarze Pappe P_2, welche ihren Schatten über die ganze weiße Fläche wirft. Mit Hilfe der Fensterläden wird die Beleuchtung im Versuchszimmer so weit herabgesetzt, daß bei vollständiger Reduktion das schwarze und das weiße Papier völlig gleich erscheinen (das Licht fällt von rechts nach links in bezug auf die Anordnung ein); sie haben also die gleiche retinale Wirksamkeit. Bei direkter Betrachtung erscheinen sie natürlich beide qualitativ beträchtlich voneinander verschieden, die rechte tiefschwarz, die linke hellgrau bis grau. Die bei direkter Betrachtung der Papiere vorhandenen Netzhauterregungen erhalten nun auf folgende Weise einen Zuwachs. Ein rundes Deckgläschen (d), wie man es für Mikroskopierzwecke verwendet, von 10 mm Durchmesser und 0,14 mm Dicke wird mit einem Tropfen Leim an einem etwa ½ mm dicken Kartonstreifen befestigt und in einer aus der Figur ersichtlichen Weise, etwa 10 cm vor der weißen Fläche und parallel zu ihr orientiert, an der Pappe P_2 angebracht.[1] Dieses Deckgläschen absorbiert eine gewisse Menge des von w ausgesandten Lichtes, so daß es für einen von vorn auf die beschattete Fläche blickenden Beobachter dunkler als seine Umgebung erscheint, solange sich nicht in der Gegend unterhalb und vor dem Gläschen Gegenstände befinden, von denen Licht in der durch das Deckgläschen absorbierten oder einer größeren Menge durch das Glas dem Auge des Beobachters zugespiegelt wird. Ersteren Falles wird das Deckgläschen überhaupt unsichtbar[2], letzteren Falles erscheint es heller als seine Umgebung. Nun stellte ich in dieser Gegend einen elektrischen Kreisel mit

---

[1] Zur Herstellung von Fixierpunkten sind solche Deckgläschen schon mehrfach verwendet worden. Vgl. W. NAGEL in R. TIGERSTEDTS Handb. d. phys. Meth. Bd. III. Abt. 2. Sinnesphysiol. II. Leipzig 1909, S. 19.

[2] Um für den Fall, daß durch die spiegelnde Wirkung des Deckgläschens ebensoviel Licht in das Auge reflektiert wird, als es von der dahinter befindlichen Fläche absorbiert, seine vollständige Unsichtbarkeit zu erreichen, muß wie in der vorliegenden Anordnung durch einen Schirm (P_2) das seitliche Licht davon ferngehalten werden. Anderen Falles sieht man den matt geschliffenen Rand des Deckgläschens, was unter Umständen die Güte der Beobachtungen beeinträchtigen kann.

horizontaler Farbenfläche (F) auf, deren Licht durch das Deckgläschen in ein etwas von oben auf die beschattete Fläche blickendes Auge geworfen werden konnte. Es wurde auf dem Farbenkreisel diejenige Helligkeit ermittelt, bei der sich das Deckgläschen an Helligkeit in seinem ganzen Umfang eben von seiner Umgebung, d.h. von der dahinter liegenden Farbenfläche, abhob. Auf dem Farbenkreisel befand sich eine schwarze und eine weiße Scheibe. Der Genauigkeit der Einstellungen war es eher förderlich als nachteilig, daß das weiße Papier des Farbenkreisels selbst wegen der stark herabgesetzten Beleuchtungsintensität des Versuchszimmers wenig Licht aussandte, denn es war dadurch natürlich eine feinere Abstufung der Reizwerte möglich. Es wurde zunächst mit Hilfe des auf- und absteigenden Grenzverfahrens die Schwelle für das beschattete weiße Papier ermittelt. Die Beobachtungen fanden monokular statt, damit bei Fixation von P_1 das Deckgläschen nicht in Doppelbildern erschien. Damit bei der Ermittlung der entsprechenden Schwelle für das unbeschattete annähernd normal beleuchtete Schwarz die Verhältnisse in bezug auf die Lichtspiegelung an dem Deckgläschen genau die gleichen wären, ging ich so vor, daß ich den Schirm P_1 etwas zurück und gleichzeitig so weit nach der Seite schob, daß sich jetzt der schwarze Teil von P_1 hinter dem Deckgläschen befand. Ich überzeugte mich durch Einstellung einer Helligkeitsgleichung nach Reduktion davon, daß die von dem schwarzen Papier ausgesandte Lichtmenge durch die Verschiebung keine Änderung erlitt. Auch subjektiv ließ sich an ihm keine Veränderung wahrnehmen. Es zeigte sich nun, daß für die zur Beobachtung herangezogenen Vpn (bis auf mich selbst befanden sich die Beobachter in v o l l s t ä n d i g e r U n w i s s e n h e i t in betreff des Zwecks der Versuche) in beiden Fällen derselbe Lichtzusatz notwendig war, um sich in einer Aufhellung bemerkbar zu machen. Bei den Einstellungen verlangte einmal Weiß, ein anderes Mal Schwarz einen etwas höheren Wert. Die gleichen Lichtzusätze machten sich subjektiv in der g l e i c h e n W e i s e bemerkbar, nämlich in einer ebenmerklichen Aufhellung der dem Deckgläschen entsprechenden Partien des schwarzen und weißen Feldes. Natürlich machten diese Stellen aber nicht den Eindruck völliger farbiger Gleichheit, indem der Lichtzusatz auf dem Hellgrau als ein helleres Grau, auf dem Schwarz als ein tieferes Dunkelgrau erschien. Übereinstimmend bemerkten die Beobachter, daß das Feld w eine etwas andere Auffassung erfährt, sobald

man nicht wie gewöhnlich den Blick unbefangen darüber hingehen läßt, sondern, wie es hier geschieht, darauf achtet, die Schwelle genau einzustellen. Das wahrgenommene Hellgrau erfährt nämlich dabei eine kleine Verschiebung nach einem etwas dunkleren Grau. Auf das Zurücktreten der zentralen Einflüsse bei mehr kritischem Verhalten, welches sich in dieser Beobachtung geltend macht, werden wir später noch zu sprechen kommen (§ 18).[1] Da wir nach früheren Versuchen wissen, daß die zentralen Einflüsse sich stets relativ am stärksten geltend machen, wenn die Qualität Weiß unter herabgesetzte Beleuchtung gebracht wird, so war es nicht nötig, unsere Versuche mit noch anderen Qualitäten zu wiederholen. Für den Fall, daß zentrale transformierende Einflüsse die Intensität, mit der periphere Erregungen auf das Sensorium zur Einwirkung kommen, verändern, hätten diese sich bei unseren Versuchen am ehesten geltend machen müssen. Wir führten auch einige Versuche durch, bei denen das weiße Papier verschieden stark (aber weniger stark als in dem ersten Versuch) beschattet wurde und das schwarze durch graue Papiere ersetzt wurde, welche die gleichen Lichtstärken besaßen wie die verschieden stark beleuchteten weißen Papiere. Die Schwellenbestimmungen ergaben für je zwei zusammengehörige Farben annähernd den gleichen Wert. Auf Grund dieser Ergebnisse glauben wir folgenden Satz aussprechen zu dürfen. Bei gleicher retinaler Erregung durch (beschattete und unbeschattete) Oberflächenfarben sind stets gleiche periphere Lichtzuwüchse nötig, um ebenmerklich zu sein, unbeschadet der verschiedenen Umformung, welche die retinalen Erregungen durch die zentralen Faktoren erfahren.[2] (Gleiche Begünstigung der verschiedenen Farbeneindrücke durch die Aufmerksamkeit ist natürlich überall stillschweigend vorausgesetzt.)

---

[1] Auch die hier geübte monokulare Betrachtung ließ die zentralen Einflüsse bis zu einem gewissen Grad zurücktreten. Vgl. § 19.

[2] Wenn ich mich nicht scheute, für ein bescheidenes Resultat meiner Versuche eine etwas hochklingende Bezeichnung einzuführen, so würde ich diesen Satz den Satz von der Erhaltung der psychophysischen Gesamtstärke bei der Transformation retinaler Erregungen durch zentrale Faktoren nennen.

§ 12. Über die Unterschiedsempfindlichkeit für verschieden stark beleuchtete tonfreie Oberflächenfarben.

Die vorstehend angeführten Versuche legen es nahe, bereits hier die Frage zu entscheiden, wie es sich mit der Unterschiedsempfindlichkeit für verschieden stark beleuchtete tonfreie Oberflächenfarben verhält. Nehmen wir an, es sei uns eine Reihe weißer Farben von verschiedener Ausgeprägtheit gegeben. Welche Lichtstärkenänderung ist bei den verschiedenen Stufen der Ausgeprägtheit des Weiß vonnöten, damit sie sich eben in einer Helligkeitszunahme oder -abnahme geltend macht? Dem am Schluß des vorhergehenden Paragraphen aufgestellten Satz können wir die Form geben, daß die obere Unterschiedsschwelle von Farben verschiedener Ausgeprägtheit nur von der Stellung der Farben in der S-W-Reihe nach ihrer Reduktion auf dieselbe Beleuchtungsstärke abhängig ist.

Da wir hinzufügen können, daß wir durch Versuche mit unserer Anordnung V das gleiche für die untere Unterschiedsschwelle nachgewiesen haben und den verschiedenen Ausgeprägtheitsstufen eines Weiß nach der Reduktion auf dieselbe Beleuchtung eine verschiedene Stelle in der dieser Beleuchtung zugehörigen S-W-Reihe zukommt, so ist es jedenfalls fraglos, daß die gesuchten Schwellenwerte verschieden hoch ausfallen werden. Wir leiten aus unseren Versuchsergebnissen den Satz ab: Die Unterschiedsempfinflichkeit für verschieden stark beleuchtete tonfreie Oberflächenfarben folgt denselben Gesetzen wie die Unterschiedsempfindlichkeit für diese Farben bei ihrer Reduktion auf dieselbe Beleuchtung.[1]

An diesen Satz läßt sich folgende Betrachtung anschließen. Wenn ein gewisses Reizgebiet durch zwei Lichtreize beliebiger Stärke abgegrenzt ist, so können zwar die Empfindungsgebiete, die diesem Reizgebiet zugehören, mit den zentralen Faktoren, die das Sehen mitbestimmen, variieren; innerhalb eines jeden dieser verschiedenen Empfindungsgebiete muß aber die gleiche Anzahl von ebenmerklichen Empfindungsstufen unterscheidbar sein; ob auch die gleiche Anzahl übermerklicher

[1] Vgl. hierzu, was in den §§ 22 und 23 über die Reizschwellen bunter und tonfreier Oberflächenfarben bei verschieden starker Beleuchtung mitgeteilt wird.

Empfindungsunterschiede in diesen Empfindungsgebieten zu unterscheiden ist, wage ich nicht a priori zu entscheiden, da dies von zu wenig übersehbaren Urteilsfaktoren abhängt.

Durch die Versuche mit dem Deckgläschen darf es als gesichertes Ergebnis betrachtet werden, daß die Intensität psychophysischer Prozesse, die von gleich starken retinalen Erregungen ausgelöst werden, annähernd als gleich hoch anzusehen ist. Im allgemeinen dürfte die Annahme gelten, daß die Eindringlichkeit, mit der sich verschieden intensive psychophysische Prozesse (innerhalb desselben Sinnes) dem Bewußtsein gegenüber geltend machen, sich nach deren Intensität bestimmt. Eigentlich sollten wir demnach auch für diejenigen unserer Versuche, bei denen es auf Einstellung subjektiv gleicher Eindringlichkeit ankam, Einstellungen von gleicher peripherer Stärke erwarten. Wir sprachen bereits oben (S. 135) die Vermutung aus, daß die in den Reizeinstellungen konstatierten Differenzen kleiner ausgefallen wären, wenn nicht Nebenvergleiche der Qualität der Farben im Sinne des Entstehens dieser Differenzen gewirkt hätten. Immerhin wäre mit kleinen Differenzen dieser Art auch bei Fortfall jeglichen Nebenvergleichs aus folgenden Gründen zu rechnen gewesen. Nach unseren Resultaten besaß stets die Farbe in dem Gesichtsfeld von niedrigerer Beleuchtungsstärke den höheren Eindringlichkeitswert. Nach Hering bedingt die Wechselwirkung der Sehfeldstellen, daß eine lichtaussendende Fläche eine um so höhere retinale und damit auch zentrale Erregung ausübt, je schwächer die übrigen im Gesichtsfeld vorhandenen Reize sind. Daraus folgt, daß bei unseren Versuchen die Erregung durch die gleiche Lichtmenge in dem Gesichtsfeld, in dem die weniger starke Beleuchtung herrscht, größer ausfallen mußte. Denn wenn wir auch in jedem Fall die unmittelbare Umgebung der beiden zu vergleichenden Farbenflächen von physikalisch ungefähr gleicher Lichtstärke gemacht haben, so darf doch die Wirkung der von den Farbenflächen entfernteren Objekte ungleicher Lichtstärke nicht vernachlässigt werden. Ich möchte darauf hinweisen, daß bei unseren Versuchen die Wechselwirkung der Sehfeldstellen selbst für den Fall, daß die von uns gefundenen hier diskutierten Differenzen nur auf ihre Wirkung zurückzuführen wären, einen sehr niedrigen Wert besitzt. Wir können uns bereits hier des Gedankens nicht erwehren, daß man dieser Wechselwirkung für das Wiedererkennen von Farben bei starker Beleuchtungsänderung zu viel zugemutet hat.

Unsere Versuche und das Kostersche Phänomen. Es ist stets als ein glücklicher Umstand zu bezeichnen, wenn Beobachtungen, die im Interesse einer bestimmten Frage angestellt wurden, durch Befunde bestätigt oder ergänzt werden, die bei der Erforschung ganz anderer gesetzmäßiger Zusammenhänge mehr nebenher gemacht worden sind. So läßt sich hier für eine interessante Ergänzung zu dem oben (S. 140) aufgestellten Satz eine Beobachtung Jaenschs heranziehen, die, wie mir scheint, erst in Verknüpfung mit den von uns angestellten Beobachtungen in ihrer Tragweite für andere von Jaensch mitgeteilten Versuche gewürdigt werden kann. Jaensch legte sich, nachdem er die Beobachtungen W. Kosters[1] und anderer über gewisse scheinbare Helligkeitsänderungen tonfreier Farben (Hellererscheinen heller, Dunklererscheinen dunkler Farben) bei bestimmten Mikropsieversuchen bestätigt fand, die Frage vor, wie es mit der Unterschiedsschwelle für tonfreie Farben bei künstlich erzeugter Mikropsie und Makropsie bestellt sein möchte. Da eine bestimmte Helligkeitsdifferenz bei Mikropsie größer erschien als ohne diese, so lag es natürlich nahe, für den letzteren Fall eine höhere Unterschiedsschwelle zu erwarten. Diese Erwartung bestätigte sich aber nicht. „Das Ergebnis ließ sich dahin aussprechen, daß die Unterschiedsschwelle bei Mikropsie sicher nicht niedriger ist" (Jaensch I, S. 146). Was besagt dieser Befund anders, als daß das „Unbeschadet" unseres obigen Satzes auch auf diejenigen zentralen Transformationen der farbigen Erscheinungen auszudehnen ist, die diese bei den Mikropsieversuchen erleiden! Wir buchen hier den von Jaensch gemachten Befund als wertvolle Ergänzung unseres Satzes.

Es verlohnt sich, einen Augenblick bei der Beschreibung der Farbenphänomene zu verweilen, welche Jaensch bei den angeführten Mikropsieversuchen beobachtet hat. Obgleich bei Mikropsie eine Änderung des farbigen Eindrucks der Oberflächenfarben — um solche handelte es sich bei den Versuchen — mit aller Deutlichkeit eintrat, und zwar so, daß sie alle stärker „be"-leuchtet erschienen (Jaensch I, S. 137), war es doch „ganz unmöglich", eine Gleichung zwischen den Oberflächenfarben vor und während der Mikropsie herzustellen. Wenn man schon nach diesen Angaben kaum an der Tatsache zweifeln kann, daß hier tonfreie Oberflächen-

---

[1] Arch. f. Ophthalmologie Bd. 42, 1896.

farben verschiedener Ausgeprägtheit vorgelegen haben, zwischen denen natürlich eine vollständige Gleichung nicht möglich war, so sprechen für die Annahme, daß es sich hier um Beziehungen zwischen Beleuchtung und Beleuchtetem ähnlicher Art handelt, wie wir sie in unseren E-Versuchen und den Versuchen über Lichtperspektive untersucht haben, weitere Beobachtungen KOSTERS, die durch JAENSCH bestätigt werden konnten sowie andere Beobachtungen JAENSCHS. So zeigten sich große individuelle Differenzen hinsichtlich der Deutlichkeit, mit der verschiedene Beobachter die Farbenänderungen bei Mikropsie wahrnahmen, sowie (nach JAENSCH) eine Labilität der Erscheinungen wenigstens im direkten Sehen. Diese beiden Momente sind auch bei unseren Versuchen deutlich; des ersteren haben wir bereits Erwähnung getan, auf das letztere kommen wir noch zu sprechen (§ 18). Schließlich deutet auch die von JAENSCH geltend gemachte Bedeutung des indirekten Sehens für die erwähnten Erscheinungen darauf hin, daß bei diesen Versuchen Beziehungen zwischen Beleuchtung und Beleuchtetem im Spiele waren. Wir kommen auf die Bedeutung der Netzhautperipherie für die Wahrnehmung von Beleuchtungsverhältnissen noch ausführlich zu sprechen (Kap. IV).

Unsere Versuche mit dem Episkotister und das WEBERsche Gesetz. Man wird für die Ergebnisse unserer E-Versuche eine Erklärung durch das WEBERsche Gesetz bereit haben, indem man in der ungefähren Gültigkeit des WEBERschen Gesetzes die Basis für das Wiedererkennen von Farben bei verschieden intensiver Beleuchtung zu haben glaubt. Nun ist man wohl im allgemeinen mit der Anwendung des WEBERschen Gesetzes auf Verhältnisse des Lichtsinnes um so vorsichtiger geworden, je größer das Verständnis für die tatsächliche Komplikation der hier vorhandenen Bedingungen geworden ist (Duplizität des Sehorgans, Wechselwirkung der Netzhautstellen, endogene Grauerregung, um nur auf einige Punkte hinzuweisen); aber selbst wenn seine Gültigkeit für das Reizgebiet, in dem unsere Versuche stattfanden, anerkannt werden müßte, ließen sich unsere Versuche nicht ohne weiteres mit dieser Gültigkeit erklären, aus dem einfachen Grund, weil sich zeigen läßt, daß das WEBERsche Gesetz den bei Beleuchtungsänderung von Oberflächenfarben vorhandenen phänomenologischen Tatbestand nicht genügend berücksichtigt. Ändert sich die Beleuchtungsstärke einer Situation, so bleiben die relativen Lichtstärkenunterschiede zwischen den

Farben aneinanderstoßender Flächen gleich groß, was nach dem Weberschen Gesetz gleichbedeutend ist mit gleichmerklich. Wenn nach dem Weberschen Gesetz gilt, daß Unterschiede tonfreier Farben bei Herabsetzung der Beleuchtungsintensität gleichmerklich bleiben, so müssen allerdings — nehmen wir an, wir hätten einen Kupferstich mit allen erdenklichen Übergängen vom Weiß zum Schwarz vor uns — die Konturen des Kupferstichs, die durch das Aneinandergrenzen von Flächen verschiedener Helligkeit herauskommen, unter diesen Umständen (z. B. bei Betrachtung durch einen E von sehr kleiner Öffnung) bestehen bleiben. Die auf dem Kupferstich dargestellten Formen bleiben also erkennbar. Dieses Erkennbarbleiben der Konturen, nach denen natürlich in der Mehrzahl der Fälle die dargestellten Objekte erkannt werden können, könnte man als eine Folge des Weberschen Gesetzes auffassen. (Vermutlich ist der Grenzkontrast an diesem Effekt nicht unbeteiligt.)[1] Damit ist aber m. E. nicht erklärt, wie es kommt, daß unter den verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen auch die tonfreien Farbenflächen selbst annähernd in ihrer Farbe, Weiß als Weiß, Hellgrau als Hellgrau usw. wiedererkannt werden. Ich kann Ebbinghaus nicht durchaus beipflichten, wenn er erklärt: „Was uns an den Dingen vor allem interessiert, ist nicht sowohl ihr absolutes Hell- oder Dunkelsein, als vielmehr die Deutlichkeit, mit der sie sich im ganzen und in ihren Teilen voneinander abheben und unterscheiden, ist die Größe der an ihnen empfundenen Verschiedenheitsstufen.“[2] Ich finde, daß hierbei nicht genügend Rücksicht genommen ist auf die Bedeutung, welche die Erkennung der Farben der Gegenstände in ihren absoluten Qualitäten nun einmal besitzt. Den Hinweis auf zwei Punkte, welche die Änderung der Farben bei Änderung der Beleuchtungsstärke betreffen, wird man vermissen, wenn man die Ausführungen liest, die sich auf die Bedeutung des Weberschen Gesetzes für das Wiedererkennen von Farben bei variierter Beleuchtung beziehen. Jede Änderung der Beleuchtungsintensität bedingt auch eine qualitative Änderung tonfreier Ober-

[1] In den Versuchen, die man bislang über das Webersche Gesetz angestellt hat, wurde der Grenzkontrast nicht eliminiert. In dieser Beziehung macht nur eine Arbeit von S. Garten eine Ausnahme. Über die Wahrnehmungen von Intensitätsveränderungen bei möglichst gleichmäßiger Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes. Pflügers Archiv. Bd. 118, 1907.

[2] Ebbinghaus, S. 536.

flächenfarben. Eine tonfreie Farbe mag dabei ihre Qualität nur wenig ändern, in den meisten Fällen wird man eine Änderung ihrer Ausgeprägtheit beobachten können. So kann etwas als qualitativ wenig verändertes Weiß wiedererkannt werden, seine Eindringlichkeit ist dabei doch eine andere geworden. Eine Erklärung unserer Resultate läßt sich also mit Hilfe des Weberschen Gesetzes allein nicht geben. Soweit es zur Erkennung von Gegenständen durch die Erhaltung ihrer Konturen bei Beleuchtungsänderung beiträgt, könnten wir es (neben dem Grenzkontraste?) als einen Faktor zur Erklärung unserer E-Versuche mit heranziehen, indem wir später erkennen werden, welche Wichtigkeit der Konturerhaltung der Gegenstände für unsere Beobachtungen zukommt. Hier sollte nur darauf hingewiesen werden, daß das Webersche Gesetz nicht, wie man bisher zuweilen annahm, genügend weit trägt für die Erklärung des Wiedererkennens von Oberflächenfarben bei Änderung der Beleuchtungsstärke.

§ 13. Die Bedeutung unserer Versuche mit dem Episkotister für den Tatsachenkreis des Talbotschen Gesetzes sowie für die Stroboskopie.

Unsere Versuche mit dem Episkotister und das Talbotsche Gesetz. Man hält vielleicht die auf S. 123 ff. gemachten Angaben über Aufdeckungs- und Verdeckungszeiten des Episkotisters für überflüssig, weil wir bis jetzt von ihnen keinen Gebrauch für irgendwelche Ableitungen gemacht haben. Die Genauigkeit in unseren Angaben erfolgte aber mit Rücksicht auf die Betrachtungen, die wir in diesem Paragraphen, durch den eine Unterbrechung des bisherigen Gedankenganges stattfindet, über die Beziehungen unserer Versuche zu dem Tatsachenkreis des Talbotschen Gesetzes anstellen wollen.

Man pflegt das Talbotsche Gesetz meist dahin zu formulieren, daß bei periodischer, genügend schnell wechselnder Reizung einer Netzhautstelle mit nach irgendeiner Hinsicht verschiedenen Lichtern der resultierende Farbeneindruck dem gleich ist, der bei gleichmäßiger Verteilung aller während der ganzen Periode einwirkenden Lichter über diese Periode vorhanden wäre. Die im Anschluß an das Talbotsche Gesetz stattgefundenen Untersuchungen befassen sich mit der Frage, auf welche Weise die Verschmelzung periodisch einwirkender Lichter zustande kommt.

Im Hinblick auf die Resultate unserer E-Versuche erscheint es nicht zweifelhaft, daß das Talbotsche Gesetz, soweit es etwas über den bei Verschmelzung periodisch einwirkender Lichter resultierenden Farbeneindruck aussagt, einer gewissen Ergänzung bedarf. Nehmen wir den Fall, daß $B_2 = 360^0$ W durch E 6^0 betrachtet wird. Die während der Periode auf eine beliebige Netzhautstelle einwirkende gesamte Lichtmenge der Kombination ($E + B_2$) ist (da das von E ausgesandte Licht zu vernachlässigen ist) mit 6^0 W anzusetzen. Der Eindruck von B_2 müßte also nach dem Talbotschen Gesetz dem der Scheibe B_1 von 360^0 Tuchschwarz ungefähr gleich sein. Wer auch immer die Beurteilung der beiden Scheiben B_2 und B_1 vornehmen sollte, bezeichnet sie auf den ersten Blick als ganz verschieden. Während B_1 mit schwarzer Farbe wahrgenommen wird, wird B_2 als hellgrau von geringer Eindringlichkeit beurteilt. Wie kommt es, daß beide Scheiben, die nach dem Talbotschen Gesetz von gleichem Effekt sein sollten, sich als so verschieden wirksam erweisen? Die Abweichung vom Talbotschen Gesetz, die sich in dem hier herausgegriffenen Fall zeigt, ist nicht als Ausnahme zu betrachten. Ich nehme zwei Episkotister mit den Öffnungen 3^0 und 60^0. Durch den Episkotister mit der Öffnung von 3^0 betrachte ich eine weiße Scheibe, durch den Episkotister mit der Öffnung von 60^0 eine Scheibe von $^1/_{20}$ der Lichtstärke der weißen Scheibe (eine graue Scheibe vom Helligkeitswert 18^0 W). Auch diese beiden Scheiben sollten nach dem Talbotschen Gesetz gleich hell erscheinen. Sie erscheinen aber durchaus nicht gleich hell; die weiße Scheibe übertrifft auch jetzt noch die dunklere an Helligkeit. Wir müssen also versuchen, dieser allgemeinen Abweichung auf den Grund zu kommen.

Soweit ich sehen kann, hat man die einschlägigen Versuche über das Talbotsche Gesetz entweder mit — um in unserer Terminologie zu reden — Flächenfarben oder mit Oberflächenfarben angestellt. In unseren Versuchen waren die beiden miteinander verglichenen Farben Oberflächenfarben. An der besonderen Erscheinungsweise der bei unseren Versuchen verwandten Farben allein kann also die beobachtete Abweichung vom Talbotschen Gesetze nicht liegen. Nun handelte es sich aber bei den früheren Versuchen, sei es, daß man Maxwellsche Scheiben verwandte, sei es, daß man Flächen einer periodischen Beleuchtung unterwarf oder schließlich Spektralfarben in Verbindung mit anderen

periodisch einwirken ließ, stets um periodischen Lichtwechsel auf zirkumskripten Netzhautstellen. Der periodische Lichtwechsel betraf kleinere Farbenfelder im irgendwie beleuchteten Gesichtsfeld, ohne daß deren Umgebung in irgendeiner Weise von diesem Lichtwechsel berührt wurde. Bei unseren in Rede stehenden Versuchen dagegen handelt es sich um periodischen Lichtwechsel, der das Gesichtsfeld nahezu in seinem ganzen Umfange betrifft. Nicht eine bestimmte Stelle der Netzhaut erleidet eine Veränderung, sondern die Farben fast des ganzen Gesichtsfeldes verändern sich periodisch so, als bräche nach einer normalen Beleuchtung Dämmerung herein oder werde auf andere Weise die Gesamtbeleuchtung herabgesetzt. Es darf darum nicht eigentlich von einer Verschmelzung der Lichtreize die Rede sein, die von E und B_2 ausgehen, sondern man muß sagen, daß nach Maßgabe der Öffnung in E die Beleuchtung von B_2 verändert wird.[1] Daß aber ein weißer Körper bei herabgesetzter Beleuchtung sich seinem farbigen Eindruck nach nicht einfach nach Maßgabe seiner Einbuße an Licht verändert, das wissen wir bereits. Diese Betrachtung macht es verständlich, daß wir bei Oberflächenfarben, die sich infolge der besonderen Versuchsanordnung unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen befinden, nicht ohne weiteres erwarten dürfen, daß ihr Helligkeitseindruck sich nach dem Talbotschen Gesetz bestimmt. Für eine periodische Reizung der Netzhaut in ihrer ganzen Ausdehnung gilt die eben angestellte Betrachtung nicht, wenn keine Oberflächenfarben, sondern Flächenfarben im Gesichtsfeld vorhanden sind; bei Flächenfarben kann nämlich nicht in dem gleichen Sinne wie bei Oberflächenfarben von einer Beleuchtung die Rede sein (vgl. § 24). Wir können unsere Betrachtung dahin resümieren: Gibt ein lichtloser Episkotister in periodischer Weise das Gesichtsfeld frei und verdeckt es wieder, so brauchen sich die dabei empfundenen Helligkeiten nicht einfach nach dem Talbotschen Gesetz zu bestimmen. Sind dabei das Gesichtsfeld erfüllende Objekte zu sehen, so stellt sich der Eindruck einer je nach der Öffnung des Episkotisters verschieden starken Herabsetzung

[1] Es macht für diese Betrachtung nichts aus, daß wir die von E ausgehende Lichtmenge gleich Null ansetzen.

der Beleuchtungsintensität mit den für diese charakteristischen Änderungen der Qualität und Ausgeprägtheit der Oberflächenfarben ein.

Wir hatten bis jetzt nur den Fall eines fast das ganze Gesichtsfeld treffenden periodischen Lichtwechsels ins Auge gefaßt. Trifft man die Anordnung so, daß der E selbst mit seiner Umgrenzung gesehen wird und infolgedessen die Netzhaut nur in zirkumskripter Weise von dem periodischen Lichtwechsel getroffen wird, so erhält man bei Betrachtung von Oberflächenfarben durch E Helligkeiten, die zwar auch von dem nach dem TALBOTschen Gesetze zu erwartenden abweichen, aber nie in dem Maße, wie in dem bis jetzt besprochenen Fall, wo E unsichtbar bleibt. (Natürlich bleibt die E-Scheibe — ich erwähne dies, um irrtümlichen Auffassungen vorzubeugen — nicht aus dem Grunde unsichtbar, weil sie nahezu lichtlos ist, sondern weil sie eine solche Orientierung zum betrachtenden Auge besitzt, daß sich auf der Netzhaut kein Bild von ihr oder ihren Teilen bilden kann.) Ist E selbst sichtbar, so gewinnt man den Eindruck, als sähe man durch ein durchsichtiges Objekt auf andere Objekte. Gleichzeitig erscheinen diese Objekte dabei unter herabgesetzter Beleuchtungsintensität. Wir berichten über Abweichungen von dem TALBOTschen Gesetz, die bei letzterer Anordnung erhalten werden, weiter unten bei Gelegenheit anderer Versuche (§ 30), halten es aber für zweckmäßig, in Ergänzung unseres obigen Satzes das Ergebnis jener Versuche in ihrer Beziehung zum TALBOTschen Gesetz bereits hier kurz so zu formulieren: Bei Kombination periodischer Lichtreize, die eine verschiedene Stelle im Raum einnehmen, können, was deren resultierenden Helligkeitseindruck angeht, im allgemeinen um so größere Abweichungen von dem TALBOTschen Gesetz eintreten, je deutlicher durch diese Kombination der Eindruck einer Beleuchtungsänderung erweckt wird.

Es ist fast überflüssig zu sagen, daß der Helligkeitseindruck unserer Kombination ($E + B_2$) sich nach dem TALBOTschen Gesetz bestimmt, sobald durch Verwendung eines vor E aufgestellten gelochten Schirmes das Licht der Kombination das Schirmloch als Flächenfarbe ausfüllt (Reduktion). Dann deckt sich der Fall ganz mit bisher üblichen Anordnungen für die Prüfung des TALBOTschen Gesetzes.

Gleiche tonfreie Farben besitzen, wenn sie sich unter gleichen Bedingungen darbieten, in gleichem Grade die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Es ist somit eigentlich selbstverständlich, daß das Talbotsche Gesetz nicht nur für die Helligkeit, sondern auch für die Eindringlichkeit tonfreier Farben Geltung besitzt. Wir würden diese im Talbotschen Gesetz implicite gegebene Tatsache nicht für sich herausstellen, wenn nicht der Umstand, daß wir oben zwischen B_1 einerseits, $(E + B_2)$ andererseits sowohl Helligkeits- als auch Eindringlichkeitsgleichungen hergestellt haben, die Prüfung der Frage nahelegte, wie es mit der Beziehung der Eindringlichkeitsgrade der durch $(E + B_2)$ ausgelösten Farbeneindrücke zum Talbotschen Gesetz steht. Wir erinnern an die oben (S. 133) mitgeteilten Einstellungen von Farbeneindrücken auf gleiche Eindringlichkeit, wo von gleicher Helligkeit derselben nicht die Rede sein konnte. Je zwei zusammengehörige Einstellungen ergaben nahezu Gleichheit ihrer retinalen Lichtstärken. Die Einstellungen auf gleiche Eindringlichkeit besagen also, daß bei Reizkombinationen der von uns verwandten Art zwar nicht für die resultierende Helligkeit, wohl aber für die resultierende Eindringlichkeit das Talbotsche Gesetz bestimmend ist.

Bei gleicher Öffnung von E ist es nach unseren Ausführungen auf S. 149 für die Abweichungen der Helligkeitseindrücke vom Talbotschen Gesetz nicht gleichgültig, ob der E der Versuchsanordnung sichtbar oder unsichtbar ist. Da in dem letzteren Falle (wegen der gegenseitigen Entfernungen von Auge, Episkotister und B_2) die Aufdeckungs- und Verdeckungszeit von B_2 den kleinsten Wert hatte und man dem Umstand, daß in diesem Falle das Bild der betrachteten Objekte in allen Teilen nahezu gleichzeitig entstand und verging, während es in den anderen Fällen in mehr oder weniger ausgeprägtem Grade in seinen einzelnen Teilen

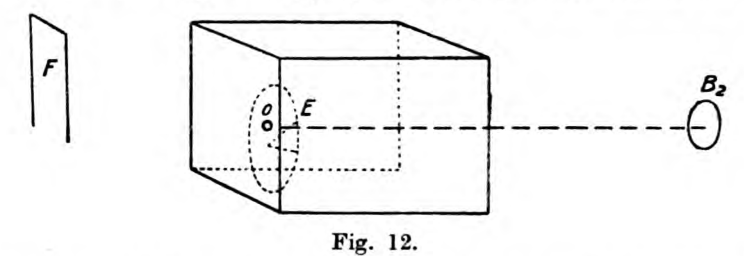


Fig. 12.

sukzessiv entwickelt wurde und verlöschte, eine gewisse Bedeutung für die Erklärung der in den verschiedenen Fällen beobachteten Abweichungen

vom Talbotschen Gesetz zuschreiben könnte, so habe ich die Frage nach der Bedeutung der nahezu momentanen Aufdeckung und Verdeckung von B_2 durch wenige Versuche mit folgender Versuchsanordnung (Versuchsanordnung VI, s. Fig. 12) zu beantworten versucht. Über E ist ein innen mit Tuchschwarz ausgeschlagener Pappkarton von etwa 50 cm Länge gedeckt, dessen nach Scheibe B_2 gerichtete Wand entfernt ist. Der E kann also innerhalb des Kastens so verschoben werden, daß er kaum von irgendwelchem Licht getroffen wird. Bei o befindet sich eine kleine runde Öffnung, sodaß man, vor dem Kasten sitzend, durch E hindurch die weiße Scheibe B_2 erblickt, die ca. 2,5 m von o entfernt, auf einem neutralgrauen Hintergrund aufliegt und vom Fenster F aus Licht empfängt. Hat E eine bestimmte Öffnung (α) und bewegt man ihn von o aus innerhalb des Kastens in der Richtung nach B_2, so wird der auf S. 123 angegebene Quotient k bei vollkommen gleichbleibender Gesamtdauer der Exposition von B_2 beständig kleiner. Ich habe ermittelt, bei welchen Öffnungen von E die Scheibe B_2 gerade vollständig zu übersehen ist, d. h. von den Radien des E-Ausschnittes gerade tangential berührt wird, wenn E 5, 15 und 25 cm von dem bei o befindlichen Auge entfernt ist. Die entsprechenden Öffnungen sind rund 1^0, 4^0 und 9^0. Da alle folgenden Versuche mit einer Öffnung von 10^0 angestellt wurden, so ergeben sich für den uns interessierenden Quotienten k die Werte $^1/_5$, $^4/_5$ und $^9/_5$. Hat die Geschwindigkeit, mit der B_2 aufgedeckt und verdeckt wird, einen Einfluß auf den eintretenden Farbeneindruck, so müßte sich ein solcher bei den hier vorhandenen Differenzen bereits bemerkbar machen. Die Beobachtung ergibt, daß eine Verschiebung des Episkotisters keinen merklichen Einfluß auf den durch B_2 ausgelösten Eindruck ausübt. Betrachtet man eine Oberflächenfarbe durch einen unsichtbaren Episkotister, der mit einer solchen Geschwindigkeit rotiert, daß beim Betrachten der Oberflächenfarbe kein Flimmern mehr vorhanden ist, so ist es also bei Gleichbleiben der gesamten Expositionszeit gleichgültig für den eintretenden Farbeneindruck, ob die betrachtete Fläche in allen ihren Teilen nahezu gleichzeitig freigegeben und wieder verdeckt wird, oder ob dies für ihre einzelnen Teile sukzessiv geschieht. Die verschiedenen Abweichungen vom Talbotschen Gesetz sind also nicht in Zusammenhang zu bringen mit den verschiedenen Aufdeckungs- und Verdeckungszeiten. Ich schwankte, ob dieser negative Befund als genügend wertvoll zu betrachten sei, um mit seiner Ableitung an dieser Stelle mitgeteilt zu werden. Ich hielt dies aber aus verschiedenen Gründen doch für ratsam. An erster Stelle möchte ich sagen, daß sich das erhaltene Resultat durchaus nicht auf Grund theoretischer Überlegungen voraussagen ließ; auch rechnete ich zunächst damit, diese Versuche könnten etwas zur Erklärung meiner Versuche mit Episkotistern beitragen. Daß es für die resultierende Wirkung gleichgültig ist, ob unter den angegebenen Umständen eine gewisse Lichtmenge einer umschriebenen Netzhautstelle in dieser oder jener Art und Verteilung zugeführt wird, ist in Anbetracht der Wechselwirkung der Netzhautstellen und der komplizierten Verhältnisse des Anstiegs und Abfalls ihrer Erregungen ein Resultat, das der Aufzeichnung doch wert ist. Es könnte in theoretischer oder praktischer Beziehung für

tachistoskopische Versuche von Bedeutung werden, wobei ich in erster Linie Versuche stroboskopischer Natur im Auge habe.

Über einige Bedingungen der Verschmelzung periodischer Lichter bei unserer Reizkombination (E + B). Wir wenden uns zu Versuchen, die man im Anschluß an das TALBOTsche Gesetz über die Bedingungen der Verschmelzung periodischer Lichtreize anstellen kann. Welchen Gang nehmen Versuche, in denen räumlich verschieden lokalisierte periodische Lichter zur Verschmelzung gebracht werden? Zunächst wollen wir die Verschmelzung periodischer Lichter dieser Art mit der von räumlich gleich lokalisierten periodischen Lichtern (z. B. MAXWELLscher Scheiben) vergleichen. Wir treffen folgende Anordnung (s. Fig. 13a). ES [1] ist auf dem

M M
B_b B_a
ES
o H o H
b a

Fig. 13.

mit einem Tourenzähler versehenen MARBEschen Apparat M angebracht. Dieser erhält seinen Antrieb von einem Elektromotor, der, mit einer Selbstregulierung [2] versehen, einen sehr konstanten Lauf hat. ES befindet sich dicht hinter dem bei o gelochten Schirm H, durch den die Vp. auf die weiße Fläche B_a blickt. Die E-Scheibe wird bei fester Öffnung in so schnelle Rotation versetzt, daß die Vp. bei der Betrachtung von B_a keinerlei Flimmern mehr wahrnimmt. Es wird die Grenzmethode angewendet (n = 4), aber nur der eine Grenzwert bestimmt, da sich die Geschwindigkeit

[1] Da im Verlauf der weiteren Untersuchungen neben Episkotisterscheiben mit schwarzem auch solche mit weißem oder buntem Überzug zur Verwendung gekommen sind, wollen wir folgende Abkürzungen zur Bezeichnung einführen. Das Zeichen S, W, R... hinter E bedeute einen schwarzen, weißen, roten ... Überzug des Episkotisters. Die hinzugefügte Zahl bedeutet wieder die Öffnung des Episkotisters. So besagt ER 6°: ein Episkotister mit rotem Überzug von 6° Öffnung.

[2] Von der Elektrizitätsgesellschaft RUHSTRAT-Göttingen geliefert.

des Motors, wenn man dieselbe herabsetzte, nicht genügend fein abstufen ließ. Die Geschwindigkeit wird also stets solange gesteigert, bis der Beobachter Flimmerfreiheit konstatiert. War Flimmerfreiheit erreicht, so wurde mit einer $^1/_5$-Sekundenuhr die Umlaufszeit für 500 Umdrehungen des MARBEschen Apparates bestimmt. Division der so erhaltenen Zeit mit 500 ergab die zunächst von uns gesuchte kritische Zeit für eine Periode, d. h. also die ganze Dauer einer Periode. Für verschiedene Öffnungen des Episkotisters fand ich folgende kritische Zeiten.

Vp. Herr HOFMANN (P).

Tabelle A.

1. ES 5°.	Kritische	Zeit	einer	Periode	0,0336	sec.
2. ES 10°.	„	„	„	„	0,0312	„
3. ES 20°.	„	„	„	„	0,0276	„
4. ES 30°.	„	„	„	„	0,0268	„
5. ES 60°.	„	„	„	„	0,025	„
6. ES 90°.	„	„	„	„	0,024	„

Was die Intensitäten der hier periodisch wechselnden Lichter anbetrifft, so handelt es sich um das normal beleuchtete Weiß der Scheibe B_a, das mit dem praktisch als lichtlos zu betrachtenden Schwarz von ES wechselt. Durch Erweiterung der Öffnung von E haben wir die Dauer der Einwirkung des Lichtreizes B_a verlängert auf Kosten des nahezu reizlosen Zustandes während des Vorübergangs von ES vor dem Auge. Die absoluten Dauern[1], welche auf die periodisch wechselnden Reize entfallen, lassen sich in einfacher Weise aus den von uns gefundenen kritischen Zeiten bestimmen. Beispielsweise würde bei ES 5° auf die Reizdauer von B_a $^1/_{72}$ von der Gesamtdauer der Periode 0,0336 sec., d. i. 0,00047 sec. entfallen. Verfolgen wir nun die Änderung der kritischen Zeit mit Zunahme der Öffnung von E in unseren Versuchen, so ergibt sich: Mit Abnahme der Differenz der Reizdauern findet unter sonst gleichen Umständen eine regelmäßige Abnahme der kritischen Zeiten statt. Da nach den Untersuchungen, die K. MARBE mit

[1] In der hier und im folgenden gewählten Ausdrucksweise schließe ich mich an die von K. MARBE in seinen Arbeiten über das TALBOTsche Gesetz gebrauchte Terminologie an. Eine Zusammenstellung der Literatur über das TALBOTsche Gesetz findet man in der letzthin veröffentlichten Arbeit MARBES. Theorie der kinematographischen Projektionen. Leipzig 1910.

MAXWELLschen Scheiben angestellt hat, mit wachsendem Unterschiede der Reizdauern auch die Gesamtdauer der kritischen Zeit wächst [1], so besteht in dieser Beziehung ein analoger Versuchsgang für die Verschmelzung periodischer, räumlich verschieden lokalisierter Lichtreize und der Verschmelzung räumlich gleich lokalisierter Lichtreize MAXWELLscher Scheiben. Um einen direkten zahlenmäßigen Vergleich vornehmen zu können, habe ich mit derselben Vp. P ähnliche Versuche unter Verwendung MAXWELLscher Scheiben durchgeführt. Für diesen Zweck wird eine Kombination B_b aus einer schwarzen und einer weißen Scheibe auf dem MARBEschen Apparat angebracht (s. Fig. 13 b). Die weiße Scheibe besitzt die gleiche Lichtstärke wie B_a. Um die Versuchsbedingungen auch sonst anzugleichen, wird B_b aus derselben Entfernung wie früher B_a und durch einen gleich gelochten Schirm betrachtet. B_a und B_b liegen auf physiologisch gleich stark kontrastierenden Hintergründen auf.

Tabelle B.

1.	B_b	=	355° S + 5° W.	Kritische	Zeit	einer	Periode	0,0383	sec.
2.	„	=	350° S + 10° W.	„	„	„	„	0,0332	„
3.	„	=	340° S + 20° W.	„	„	„	„	0,0299	„
4.	„	=	330° S + 30° W.	„	„	„	„	0,0282	„
5.	„	=	300° S + 60° W.	„	„	„	„	0,0268	„
6.	„	=	270° S + 90° W.	„	„	„	„	0,0257	„

Vergleicht man die hier erhaltenen kritischen Zeiten mit den entsprechenden der vorhergehenden Versuche, so kann man die sich ergebenden Differenzen keinesfalls als beträchtlich bezeichnen. Es scheint von einer gewissen Bedeutung zu sein, daß alle in Tabelle B erhaltenen Werte etwas höher ausgefallen sind als die entsprechenden der Tabelle A. Berücksichtigt man die in den hier verglichenen Versuchen periodisch wechselnden Lichtstärken, so ergibt sich für die vorhandenen Zeitdifferenzen eine ungezwungene Erklärung. Was das verwendete Weiß angeht, so handelt es sich zwar in den beiden Versuchsreihen um Lichtreize derselben Stärke, indessen besitzt in den Versuchen mit MAXWELLschen Scheiben das Tuchschwarz eine höhere Lichtstärke, als wie für das Tuchschwarz in den Versuchen mit ES in Anrechnung zu bringen ist. Man versteht, daß unter diesen Umständen die Verschmelzung für die MAXWELLschen Scheiben durchgängig etwas leichter zustande kommt.

---

[1] Philos. Stud. Bd. 9, 1894, S. 398.

Je langsamer sich unter sonst gleichen Bedingungen Flächenkonturen MAXWELLscher Scheiben am Auge vorüberbewegen, um so ungünstiger ist es für die Verschmelzung ihrer periodisch einwirkenden Lichtreize.[1] Gilt dieser Satz oder ein ähnlicher (da von einer scharfen Kontur bei der Abbildung des E auf der Netzhaut nicht die Rede sein kann), auch für unsere Anordnung mit dem E? Wir verwandten einen E mit zwei Öffnungen von gleicher Größe. Das Verfahren war das gleiche wie früher. In der folgenden Tabelle ist die Größe je einer Öffnung von E angegeben. Vp. P.

Tabelle C.

1. ES 2,5°.	Kritische	Zeit	einer	Periode	0,03265	sec.
2. ES 5°.	,,	,,	,,	,,	0,02715	,,
3. ES 10°.	,,	,,	,,	,,	0,0264	,,
4. ES 15°.	,,	,,	,,	,,	0,02545	,,
5. ES 30°.	,,	,,	,,	,,	0,02385	,,
6. ES 45°.	,,	,,	,,	,,	0,0239	,,

Sehen wir von dem letzten Werte ab, so beobachten wir auch hier wieder den regelmäßigen Abfall der Zeiten mit Abnahme der Differenz der Reizdauern. Vergleichen wir die entsprechenden Werte der Tabellen A und C, so stellen sich die der letzteren durchweg als kleiner heraus. Die Stärke der periodisch wechselnden Lichter ist in den beiden Fällen gleich groß, desgleichen das Verhältnis zwischen der Dauer beider Lichter; verschieden ist nur die Geschwindigkeit, mit der die Auf- und Verdeckung der durch E betrachteten weißen Scheibe erfolgt, eine Größe, welche der Geschwindigkeit der Konturen bei Verwendung MAXWELLscher Scheiben entspricht. Nach unseren Versuchen gilt also der Satz: Je langsamer unter sonst gleichen Bedingungen die Auf- und Verdeckung einer Farbenfläche durch einen Episkotister erfolgt, um so ungünstiger ist es für die Verschmelzung der periodisch einwirkenden Lichter der Farbenfläche und des Episkotisters.

Einige Versuche, bei denen ich Vp. war, und bei denen Herr HOFMANN als Versuchsleiter fungierte, ergaben ein ähnliches Resultat.

---

[1] Philos. Stud. Bd. 12, 1896, S. 281 f.

I. Eine Öffnung in E.

1. ES 5°.	Kritische	Zeit	einer	Periode	0,0328	sec.
2. ES 20°.	„	„	„	„	0,0292	„
3. ES 60°.	„	„	„	„	0,0272	„
4. ES 90°.	„	„	„	„	0,0256	„

II. Zwei gleich große Öffnungen in E.

1. ES 2,5°.	Kritische	Zeit	einer	Periode	0,0266	sec.
2. ES 10°.	„	„	„	„	0,0239	„
3. ES 30°.	„	„	„	„	0,0224	„
4. ES 45°.	„	„	„	„	0,0218	„

Wir entscheiden nicht, ob der von uns gefundene Satz dieselbe theoretische Begründung erfordert wie der entsprechende für Maxwellsche Scheiben, von dem wir unseren Ausgang nahmen. Bekanntlich hat Fr. Schenck den Konturensatz bestritten und auf Ficks Vorschlag Versuche angestellt, die ihn als Folge unwillkürlicher Augenbewegungen erscheinen lassen.[1] Ich erlaube mir, darauf hinzuweisen, daß diese Erklärung für unsere Versuche einigermaßen gezwungen erscheinen würde. 1. Der Kontur des E bildete sich in den beiden miteinander verglichenen Fällen so verschwommen ab, daß kaum die Tendenz vorhanden gewesen sein dürfte, ihm mit dem Blicke zu folgen. 2. Selbst bei starkem Flimmern bleiben, wie unten noch weiter ausgeführt wird, die Konturen von B_a so scharf, daß der Blick sicher diese dauernd fixiert und gar keine Veranlassung besteht, mit dem Auge Bewegungen auszuführen.

Von einem gewissen Interesse sind die Beobachtungen über die Art des Flimmerns bei Verwendung von Maxwellschen Scheiben einerseits, einer Kombination (E + B) andererseits. Bei den ersteren sieht man das Flimmern an der Stelle des Raumes, wo sich die Farbenflächen befinden. Man sieht eigentlich die Fläche selbst flimmern. In dem unruhigen Gewirre von Hell und Dunkel gibt es gewissermaßen keinen Punkt, an dem der Blick Halt machen könnte, auch nicht das kleinste Flächenteilchen befindet sich in Ruhe. Das Flimmern, welches man bei Betrachtung einer Oberflächenfarbe durch einen E hindurch beobachtet, ist von einer ganz anderen Art als das eben beschriebene. Es trennt sich nämlich in gewisser Weise von der betrachteten Scheibe selbst ab. Man könnte eher sagen, daß es über der Scheibe oder vor ihr im Raume flimmert, als daß die durch den E betrachtete Scheibe selbst flimmert. Das Flimmern huscht über die Scheibe ähnlich wie

---

[1] Pflügers Archiv. Bd. 64, 1896, S. 172 ff. Vgl. zu Schencks Ausführungen die Marbesche Kritik. Zeitschr. f. Psych. Bd. 13, 1897, S. 365 ff.

Lichter und Schatten über Oberflächenfarben hinweghuschen. Diese Lichtgebilde werden als nicht eigentlich zu der Farbe der Scheibe selbst gehörend betrachtet. Während bei den flimmernden MAXWELLschen Scheiben alles in Bewegung ist, erscheint die durch den E betrachtete Fläche hinter dem Flimmern in Ruhe. Dieses Ruhen ist besonders deutlich am Rande, wo sich die Scheibe haarscharf vom Hintergrunde abhebt, sowie am Knopf des elektrischen Kreisels, dessen Kontur in scharfer Zeichnung gegen die Scheibe absticht. Sind die MAXWELLschen Scheiben noch so gut geschnitten und zentriert, ihr Rand hebt sich bei Rotation nie mit gleicher Schärfe vom Hintergrund ab, und der Kontur des Kreiselknopfes erscheint bei Bewegung stets verschwommen. Das Flimmern der MAXWELLschen Scheiben nimmt bei gesteigerter Rotationsgeschwindigkeit allmählich ab, ohne seinen Charakter wesentlich zu ändern.[1] Das Flimmern bei einer Kombination (E + B) ändert in diesem Falle etwas seine Art. Bei schwachem Flimmern, welches man aber noch als durchaus deutlich bezeichnen kann, heben sich solche Stellen, welche man mit dem Blick schärfer erfaßt, deutlich heraus. Sie erscheinen vollständig ruhend, ohne daß auch vor ihnen irgendein Flimmern wahrzunehmen wäre, während dasselbe vor ihrer Umgebung noch vollkommen deutlich ist. Bei dieser fixierenden Betrachtung werden auch die letzten Feinheiten des Kornes, welches das betrachtete Papier besitzt, deutlich sichtbar.[2] Wan-

[1] Von dem „Flackern" und anderen Eindrücken, die dem eigentlichen Flimmern vorhergehen, sehen wir hier ab.

[2] Es sei hier kurz darauf hingewiesen, daß man im allgemeinen die Körnung des Papieres nicht dadurch zum Verschwinden bringen kann, daß man die durch den rotierenden E betrachtete Scheibe selbst rotieren läßt. Betrachtung einer rotierenden Scheibe durch einen rotierenden E kann alle möglichen Erscheinungen zur Folge haben. Je nach dem Verhältnis der beiden Rotationsgeschwindigkeiten kann die eine Bewegung die andere gewissermaßen auflösen, so daß die betrachtete Scheibe ruhend erscheint; die durch E betrachtete Scheibe kann auch trotz großer Eigengeschwindigkeit in langsamer Vorwärts- oder gar in Rückwärtsbewegung erscheinen. Deutlich sind diese Erscheinungen, wenn die betrachtete Scheibe aus schwarzen und weißen oder überhaupt sich deutlich voneinander abhebenden Sektoren besteht. Die Konturen, in denen die Sektoren zusammenstoßen, erfahren hierbei meist eine Krümmung (Radspeichenkurven!). Von Interesse ist, daß eine Verschiebung des Kopfes vor dem E einer Beschleunigung oder Verlangsamung des Episkotisterlaufs in der Wirkung gleichkommt. Recht interessant sind auch die Er-

dert man mit hier und dort fixierendem Blick über die Scheibe, so begleitet ihn eine flimmerfreie Gegend. Auch auf den rotierenden MAXWELLschen Scheiben geht das Flimmern bei scharfer Fixierung einer bestimmten Stelle etwas zurück, aber bei weitem nicht in dem Maße, wie es unter derselben Bedingung bei (E + B) zurückgeht. Bei Verschmelzung periodischer Lichter unter Verwendung eines E ergibt sich demnach zwischen dem Verhalten zentraler und peripherer Teile der Netzhaut eine gewisse Verschiedenheit, wie man sie bei Verwendung MAXWELLscher Scheiben nicht in gleichem Grade beobachten kann. Zur Erklärung dieser Verschiedenheit wird man zunächst an physiologische Faktoren denken. Der Rand der E-Öffnung kann sich wegen seiner Nähe zum Auge nur in Zerstreuungskreisen abbilden. Er läuft also nicht als scharfer Kontur über die Netzhaut, wie es bei dem Grenzkontur zwischen dem schwarzen und weißen Sektor der MAXWELLschen Scheiben der Fall ist. Die Erwägung, daß hinsichtlich der Empfindlichkeit für Bewegungen der Unterschied zwischen zentralem und peripherem Sehen bei weitem nicht so groß ist wie hinsichtlich der

---

scheinungen, die bei binokularer Betrachtung der rotierenden Scheibe durch den gleichen E eintreten. Man muß sich dabei dem durchsichtigen, in unserer Figur (Fig. 14) gestrichelten Teil des Episkotisters so weit

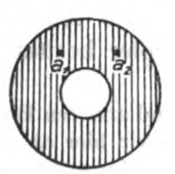


Fig 14.

nähern, daß man gleichzeitig mit beiden Augen, die sich in der durch a_1 und a_2 angedeuteten Lage befinden, durch ihn hindurchsehen kann. Es macht sich dann in vielen Fällen ein sehr schöner auf der Scheibe liegender Glanz bemerkbar, der auch bei bunten Scheiben deutlich ist. In technischer Beziehung ergibt sich hieraus: Will man die B e l e u c h t u n g s - intensität g r a u e r Farben herabsetzen, so ist man dazu gezwungen, direkt g r a u e Papiere durch einen E zu betrachten oder man muß durch Rotation von schwarz-weißen Sektoren erzielte graue Farben durch Rauchgläser ansehen, wobei man allerdings auf die feine Abstufung, wie sie bei Verwendung von Episkotistern möglich ist, verzichten muß. (Als erster hat FARADAY die Radspeichenkurven beobachtet. On a peculiar class of optical deceptions. Journal of the royal institution of Great Britain. Vol. 1, 1831, S. 205 ff. Vgl. auch MACH, a. a. O. S. 8, Anm.)

Sehschärfe, führt zu der Erkenntnis, daß es für die Peripherie von geringerer Bedeutung sein muß, ob ein scharfer oder verwaschener Kontur über sie hinwegeilt als für das Netzhautzentrum. Für die Peripherie muß es relativ gleichgültig sein, ob sie periodische Lichter, die von MAXWELLschen Scheiben oder die von Kombinationen (E + B) geliefert werden, verschmelzen soll. Der verwaschene Kontur der E-Öffnung läßt für die mit hoher Sehschärfe ausgestattete Netzhautmitte noch während des Flimmerns Formelemente des durch sie Gesehenen deutlich erkennen, so den Rand und die Körnung der Scheibe B, den Knopf und die übrigen sichtbaren Teile des Farbenkreisels, auf dem sie angebracht ist. Die Leserlichkeit einer durch E betrachteten Druckschrift, die sich in der Lage von B befindet, wird kaum durch noch so starkes Flimmern beeinträchtigt. Die Erhaltung der Konturen bei Flimmern der Farben f l ä c h e n bewirkt in erster Linie die hohe Sehschärfe des Netzhautzentrums. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß auch aus psychologischen Gründen das Flimmern für das Netzhautzentrum weniger deutlich ist, indem allgemein das deutlich in seinen Konturen Erfaßte gegen anderweitige Änderungen (Flimmern), die mehr als zufällige aufgefaßt werden, besser gewappnet ist und sich ihnen gegenüber energischer behauptet.

Vorhandensein von Flimmern ist immer ein Zeichen dafür, daß an einer Stelle der für den Sehakt in Betracht kommenden nervösen Zentren ein schnell wechselnder Prozeß vor sich geht. Hiernach können wir also auch bei flimmernden Farbeneindrücken, die sonst voneinander verschieden, nur hinsichtlich des Flimmerns Ähnlichkeiten aufweisen, auf physiologische Korrelate schließen, die in ihrem zeitlichen Ablauf einander ähnlich sind. In unseren Versuchen kam die Verschmelzung periodisch einwirkender Lichter unter ähnlichen Bedingungen zustande, unabhängig davon, ob diese Lichter von MAXWELLschen Scheiben oder von einer Kombination (E + B) herrührten. Bei gleicher Intensitätsdifferenz der kombinierten Lichter fanden wir nahezu gleich lange kritische Zeiten. Die kritischen Zeiten nahmen einen ganz ähnlichen Gang, sowohl wenn der Quotient der Dauern beider periodischen Lichter in gleicher Weise verändert wurde, wie wenn die die Sektoren trennenden Konturen einerseits, die Konturen der E-Öffnung andererseits mit verschiedener Geschwindigkeit über die Netzhaut geführt wurden. Hält man die Übereinstimmung in den Erscheinungen des Flimmerns und Verschmelzens der bei

denselben Reizverhältnissen beobachteten großen Verschiedenheit der Qualität und Ausgeprägtheit der Farbenerscheinungen gegenüber, die wir auf S. 123 ff. beschrieben haben, so kann man sich nicht des Eindrucks erwehren, daß die Flimmererscheinungen in erster Linie von der Stärke und Art der das äußere Auge treffenden Strahlungen und den sich unmittelbar anschließenden peripheren Erregungen abhängen, dagegen von eigentlich zentralen (psychologischen) Verhältnissen im wesentlichen unabhängig sind.[1] Dieser Befund stellt eine willkommene Ergänzung zu unseren Ausführungen im § 11 dar. Aus jenen folgt, daß die Intensität der durch zentripetale Erregungen ausgelösten psychophysischen Prozesse unabhängig von ihren zentralen Veränderungen ist und nur von den retinalen Erregungsstärken abhängt. Hier zeigt sich, daß die Bedingungen, unter denen diese Prozesse aus der Verschmelzung retinaler periodischer Erregungen hervorgehen, ganz ähnliche sind.

Die Bedeutung unserer Versuche mit dem Episkotister für die Stroboskopie. Die Beobachtungen, die wir mit dem E angestellt haben, gestatten interessante Anwendungen auf stroboskopische Probleme sowie Berichtigungen von Resultaten, die man in diesem Versuchsgebiet erhalten hat. Es läßt sich kein vernünftiger Einwand dagegen erheben, den mit beliebiger Öffnung rotierenden E, durch den hindurch man einen beliebigen Ausschnitt der Wirklichkeit erblickt, als einfachste stroboskopische Einrichtung aufzufassen. Findet innerhalb dieses Ausschnittes keinerlei Bewegung statt, so ist die Anordnung der gleich zu erachten, bei der stets dasselbe Bild durch den Spalt des Stroboskops zu erblicken ist. Wünscht man aber gleichzeitig wie bei den eigentlichen stroboskopischen Eindrücken auch eine Bewegung zu sehen, so braucht man nur einen Gegenstand in diesem Ausschnitt zu bewegen, wobei die Bewegung so lange von einer ohne einen E gesehenen sich in nichts unterscheidet, als ihre Geschwindigkeit unterhalb einer je nach der Rotationsgeschwindigkeit des E verschiedenen Grenze bleibt.[2] Ich habe nicht die

[1] S. unsere auf der vorigen Seite mitgeteilte Vermutung über die psychologische Schwächung des Flimmerns.

[2] Auf die Möglichkeit, den Episkotister als Stroboskop zu betrachten, hat auch P. Linke verwiesen. Die stroboskopischen Täuschungen und

Absicht, auf die mannigfachen Versuche einzugehen, die sich mit einer solchen stroboskopischen Einrichtung einfachster Art anstellen lassen, bei der man sowohl hinsichtlich der Wahl der Objekte als auch hinsichtlich ihrer Bewegungsarten nicht ein für allemal durch fertige Bilderserien gebunden ist. Ich will hier nur auf einige Konsequenzen hinweisen, die sich bereits aus unseren vorliegenden Versuchen mit dem E für die Stroboskopie ziehen lassen. Die Eindrücke, die man von den Farben stroboskopischer Bilder erhält, bestimmen sich in ihrer Helligkeit oder Buntfarbigkeit (sofern man auch bunte Stroboskopbilder verwendet) n i c h t einfach nach dem TALBOTschen Gesetz in seiner bisher üblichen Beschränkung auf ein Gesichtsfeld von e i n e r b e s t i m m t e n Beleuchtungsstärke. Sie folgen vielmehr im einzelnen den Gesetzen, die wir bei unseren obigen Episkotisterversuchen in Wirksamkeit sahen. Einer Begründung dieser Behauptung sind wir wohl enthoben; wir wollen nur, um die Analogie zu den stroboskopischen Versuchen zur vollständigen zu machen, darauf hinweisen, daß hinsichtlich der Beobachtungen, die wir für die Änderung der Farben bei Betrachtung durch einen E abgeleitet haben, nichts hinzuzufügen ist, wenn wir hinter dem E beliebiger Öffnung eine Photographie von der Art der bei stroboskopischen Bilderserien gebräuchlichen nicht ruhend anbringen sondern bewegen. In dieser Berichtigung, welche wir der Beschreibung der Farbeneindrücke bei stroboskopischen Erscheinungen angedeihen lassen, liegt die Erklärung für eine Beobachtung, die mich beim Erleben stroboskopischer Erscheinungen (auch beim Besuch kinematographischer Vorführungen) stets etwas beunruhigte, weil ich mit ihrer Erklärung durch das TALBOTsche Gesetz nicht ins reine kam. Es war dies die Beobachtung, daß die hellen Bildobjekte, die dabei wahrgenommen wurden, meist heller waren, als sie bei Berücksichtigung der Zeit ihrer Sichtbarkeit und ihres Verdecktseins nach dem TALBOTschen Gesetz eigentlich sein sollten.[1] Dabei war

das Problem des Sehens von Bewegungen. WUNDTS Psychologische Studien Bd. 3, 1907, S. 452. Diese Arbeit, die für die Phänomenologie der stroboskopischen Erscheinungen zweifellos manche Gutes enthält, verrät leider an einigen Stellen eine seltsame Auffassung optisch-physiologischer Dinge, z. B. S. 457 (dunkle Reize), dann S. 473 „Auch hier verfügen ...“

[1] Es ist eigentlich überraschend, daß die stroboskopische Literatur den Hinweis auf diese in die Augen fallenden Erscheinungen gänzlich vermissen läßt.

mir auch das von vornherein klar, daß die Angelegenheit nicht durch Berücksichtigung adaptativer Umstimmungen des Auges zu erledigen sein würde.

Bei der Bestimmung der peripher-physiologischen Verschmelzungsphänomene der stroboskopischen Erscheinungen ist zu scheiden zwischen dem Fall, wo die Konturen wie bei MAXWELLschen Scheiben über die Netzhaut eilen, und wo sie, wie bei den einzelnen Bildern stroboskopischer Bilderserien, mehr „ruhen“, um dabei nahezu momentan auf- und zugedeckt zu werden. Diese beiden Fälle darf man nach meiner Auffassung nicht als völlig gleichwertig betrachten. Man muß also in der theoretischen Behandlung trennen Bewegung des Spaltkonturs des Stroboskops und Bewegung des Konturs des gezeigten Bildes. Nur sofern letzteres während der Betrachtung nicht in absoluter Ruhe verharrt, kann man auf die Verschmelzung seiner Konturen mit dem Grunde, auf dem es sich darbietet, die Betrachtungen anwenden, die für bewegte Konturen MAXWELLscher Scheiben in Geltung sind. Richtet man aber die Überlegung auf die Erscheinungen, die mit der Bewegung des Stroboskopspaltes zusammenhängen, so hat man zu bedenken, daß nach unseren Beobachtungen die Flimmererscheinungen, von deren Ausgeprägtheit der stroboskopische Effekt, wie wir aus Erfahrung wissen, mit abhängt, anderer Natur sind als bei MAXWELLschen Scheiben. Weiter folgt aus unseren Versuchen, daß es für die stroboskopischen Erscheinungen nicht gleichgültig sein kann, ob sich die Bilder der dargebotenen Bilderserien vorherrschend aus Konturen oder aus größeren Farbenflächen aufbauen, da das Flimmern sich für Konturen in anderer Weise geltend macht als für Farbenflächen (s. S. 156ff.). Um die Erkenntnis der stroboskopischen Erscheinungen von dieser Seite zu fördern, wäre es allerdings erwünscht, wenn unsere obigen Versuche zu diesem Punkte mit einer größeren Reihe von Beobachtern und mit größerer Variation der Versuchsbedingungen in Angriff genommen würden. Auch der oben angedeuteten Aufgabe muß sich der stroboskopisch Interessierte unterziehen, zu ermitteln, ob den Konturen an und für sich eine Tendenz zukommt, sich stärker gegenüber Störungen im Bewußtsein zu behaupten als Farbenflächen. Schließlich wird in Anbetracht des Befundes, daß sich eine gewisse Verschiedenheit im Verhalten des Zentrums und der Peripherie der Netzhaut bei den Episkotisterversuchen heraus-

gestellt hat, zu ermitteln sein, wie es mit dem stroboskopischen Effekt auf verschiedenen Teilen der Netzhaut steht.

§ 14. Beobachtungen und Versuche über Beschattung und Belichtung tonfreier Oberflächenfarben.

Versuche über Beschattung tonfreier Oberflächenfarben. Unsere Versuche über die Lichtperspektive sowie die Versuche, die wir unter Verwendung eines E angestellt haben, zeigten uns das Vorkommen von tonfreien Oberflächenfarben in mehreren Stufen der Ausgeprägtheit. Bei gewissen Farbeneindrücken lag es nahe, von einer Verhüllung weißlicher Farben mit Dunkelheit zu sprechen und an ihnen eine abstraktive Trennung zwischen einer schwarzen und einer weißen Komponente vorzunehmen. Wir wollen hier eine neue Gruppe farbiger Eindrücke besprechen, bei denen sich die Möglichkeit einer abstraktiven Trennung von farbigen Momenten in der Anschauung in noch deutlicherer Weise darbietet. Man braucht eigentlich diese Trennung nicht erst willkürlich vorzunehmen; sie drängt sich bei der Betrachtung von selbst auf. Das ist bei der Beschattung tonfreier Oberflächenfarben in solchem Grade der Fall, daß wir es für richtig halten, diese Gruppe von farbigen Eindrücken für sich gesondert zu betrachten. Was wir zu den ausgezeichneten Beobachtungen Herings über die Beschattung [1] in deskriptiver Beziehung hinzuzufügen haben, entspringt im wesentlichen daraus, daß wir ein Vorkommen tonfreier Oberflächenfarben in verschiedenen Stufen der Ausgeprägtheit annehmen, während Hering diese Scheidung nicht oder wenigstens nicht ausgesprochenerweise vollzogen hat.

Die Beschattung einer (z. B. weißen) Farbenfläche kann im wesentlichen auf zwei Weisen zustande kommen. Man halte eine weiße undurchsichtige Papierscheibe in der Nähe des Fensters so, daß das Licht sie ungefähr senkrecht trifft. Dreht man sie aus dieser Lage bis um (etwa) 90° heraus, so sieht man zunächst die farbigen Änderungen eintreten, die wir oben (S. 117 f.) unter den Versuchen über Lichtperspektive dargestellt haben: vor allem verliert das Weiß, wenn wir von seiner qualitativen Änderung absehen, bei

[1] Hering VI, S. 8.

dieser Abwendung vom Licht seine Ausgeprägtheit. Dreht man aber über 90° hinaus, so ändert sich der Eindruck. Jetzt sieht man über einem wenig ausgeprägten Weiß deutlich „einen Schatten" gelagert. In diesem Fall nimmt sich die weiße Fläche das Licht selbst weg, sie beschattet sich selbst. Die Beschattung kann auch so zustande kommen, daß sich zwischen die Fläche — die derart zur Lichtquelle orientiert ist, daß sie sich selbst nicht beschatten würde — und die Lichtquelle ein undurchsichtiger Körper in der Weise einschiebt, daß „sein Schatten" auf die Fläche fällt. Die Trennung des dunklen Schattens von der weißen Fläche stellt sich in der Wahrnehmung von selbst ein, der Schatten wird als ein für sich Existierendes von der Oberflächenfarbe des Papieres gesondert. Beschattungen der letzteren Art wollen wir in unseren Versuchen der messenden Beobachtung unterziehen, indem wir uns speziell eine Variation der Tiefe jener Beschattung angelegen sein lassen.

Verwendet wird die auf S. 119 skizzierte Versuchsanordnung. Die Scheibe B_2 wird beschattet. Bei a befindet sich die schattenwerfende Papp- oder Papierfläche. Es werden mit vier verschiedenen Tiefen der Beschattung Versuche ausgeführt. B_2 steht im Schatten einer schwarzen Pappscheibe (A-Versuche), einer Fläche aus doppeltem Seidenpapier (B-Versuche), einer Fläche aus einfachem Seidenpapier (C-Versuche), einer Fläche aus gefettetem Seidenpapier (D-Versuche). Wieweit außer der Scheibe B_2 auch deren Kreisel in seinen sichtbaren Teilen sowie seine Umgebung von dem Schatten der bei a befindlichen Fläche getroffen werden, ist einigermaßen aus den im Anhang dieses Paragraphen beigefügten Photographien unserer Anordnung zu erkennen. Für B_2 wurde stets eine Scheibe von 360° W verwendet. Bei einer bestimmten Beschattung werden je zwei zusammengehörige Werte wie folgt ermittelt. Nach Herablassen des Doppelschirms wird zwischen den beiden vollständig reduzierten Farbeneindrücken durch Veränderung von B_1 nach der Grenzmethode eine völlige Gleichung hergestellt. Nach Ermittlung des Reduktionswertes (Wert I) schieben wir den Doppelschirm hoch und lassen beide Scheiben so betrachten, daß man den vollständigen Überblick auch über ihre Beleuchtungsverhältnisse gewinnt. Die Gleichung zwischen den reduzierten Farbeneindrücken wird n i e unter den neuen Verhältnissen der Beobachtung anerkannt. Stets erscheint nämlich die beschattete Seite als zu weiß-

lich oder bei starker Beschattung als viel zu weißlich. Die Scheibe B_1 wird nach der Grenzmethode, zuweilen (bei schwierigeren Einstellungen) auch nach der Herstellungsmethode so lange verändert, bis der Vp. die Farben beider Scheiben qualitativ gleich erscheinen (Wert II). Während die Einstellungen des Wertes I keine größeren Schwierigkeiten bieten als man sie bei einer Einstellung zweier Farbenfelder gleicher Beleuchtungsstärke auf völlige Gleichheit anzutreffen pflegt, fühlt sich die Vp. bei der Einstellung der Werte II in eine recht schwierige Lage versetzt. Zunächst stört die Ungleichheit der Nebenumstände, unter denen sich beide Scheiben darbieten, im allgemeinen, so wie man sich etwa dadurch gestört fühlt, daß zwei auf gleichen Farbenton usw. einzustellende Farbenfelder verschiedene Größe oder Gestalt besitzen. Viel größere Mühe bereitet es aber der Vp., daß sie von dem auf der Scheibe B_2 liegenden Schatten abstrahieren muß, um die farbige Qualität der davon getroffenen Farbenfläche zu erfassen. Hat sie sich diese Qualität zum Bewußtsein gebracht und etwa den Versuchsleiter veranlaßt, nach Maßgabe derselben die unbeschattete Scheibe zu ändern, so springt ihr nach Vollendung der Einstellung die große Eindringlichkeit der unbeschatteten Scheibe in die Augen. Indem die zwischen beiden Scheiben bestehende große Eindringlichkeitsdifferenz ihr Urteil beeinflußt, macht sich bei ihr die Neigung geltend, die unbeschattete Scheibe weniger hell zu machen, als es nach der auf Scheibe B_2 erfaßten Qualität eigentlich erforderlich wäre. Man muß also die Vp. besonders im Beginn der Versuche beständig dazu anhalten, nur die beobachteten Qualitäten für ihr Urteil bestimmend sein zu lassen und von der Eindringlichkeitsdifferenz beider Scheiben ganz abzusehen.[1] Es ist wahr, daß die Einstellung auf gleiche Qualität der Farbe, wie sie bei unseren Versuchen verlangt wird, eine ungewohnte und schwierige ist. Darin liegt aber keine Ursache, sie zu unterlassen; hat sie doch einen guten Sinn. Wer Anfänger in der Beobachtung von zwischen Farben bestehenden Beziehungen ist und sich etwa vor die Aufgabe gestellt sieht, einem satten Rot ein Glied aus der S-W-Reihe, welches ihm an Helligkeit gleich ist, zuzuordnen, fühlt seine Lage zunächst auch als verzweifelt.

---

[1] Nirgends macht sich die Neigung zu Nebenvergleichen in so starker Weise geltend wie hier. Aus diesem Grunde gehe ich etwas ausführlicher auf die daraus entspringenden Schwierigkeiten ein.

Er versteht den Sinn dieser Aufgabe und die Möglichkeit ihrer Erfüllung eigentlich erst dann, wenn man ihm zum Bewußtsein gebracht hat, daß es jedenfalls ein Weiß gibt, von dem man mit gutem Recht sagen kann, daß es viel heller als das vorliegende Rot ist und ebenso ein Schwarz, von dem gilt, daß es viel dunkler als das Rot ist. Man kann sich an diesen Fällen deutlich machen, was z u hell und z u dunkel heißt und wird nach dieser Vorbereitung leichter die Aufgabe erfüllen, ein dem Rot g l e i c h helles Glied der S-W-Reihe zuzuordnen. Ich verfuhr auf ähnliche Weise, um bei Ermittlung der Werte II den Vpn die zu lösende Aufgabe klarzumachen. Ist Scheibe B_2 beschattet und stellt man bei direkter Betrachtung beider Scheiben auf B_1 einmal 360 ° W, dann 360 ° S ein, so erkennen die Beobachter sehr wohl, daß Scheibe B_2 hinsichtlich ihrer Qualität zwischen diese beiden Qualitäten einzuordnen ist. Nach einiger Zeit gewöhnt man sich an die Einstellung zweier nach einer Beziehung (Qualität) gleichen, nach anderen Beziehungen (Eindringlichkeit, Beschattung) ungleichen tonfreien Oberflächenfarben, so wie man sich an die Einstellung von H e l l i g k e i t s gleichungen zwischen verschiedenen bunten Farben gewöhnt. Was wir hier über die Schwierigkeiten bei Ermittlung der Werte II zu sagen hatten, gilt bis zu einem gewissen Grade für alle Versuche mit tonfreien Oberflächenfarben, bei denen die Berücksichtigung nur eines Momentes des Farbeneindrucks (Qualität oder Eindringlichkeit) in Frage steht. Bei den Versuchen mit Beschattung von Oberflächenfarben ist aber noch mit einer Schwierigkeit zu rechnen, die in unseren früheren Versuchen über Oberflächenfarben verschiedener Beleuchtungsstärke weniger ausgeprägt war. Versucht man von der Beschattung der Scheibe B_2 zu abstrahieren, so scheint die Qualität der Scheibe selbst unter gleichbleibenden äußeren Umständen bei verschiedenen Arten der inneren Einstellung nicht unwesentlich zu variieren. Ihre Qualität ist eine andere j e n a c h d e m G r a d, m i t d e m m a n s i c h i n i h r e B e t r a c h t u n g „v e r - t i e f t", und da diese „Vertiefung" in irgendeiner Weise von der Betrachtungs z e i t abzuhängen schien, so wählte ich bei Einstellung der Werte II eine k o n s t a n t e Betrachtungszeit von ca. 3 sec., während welcher ich zunächst unter innerlichem Zählen, späterhin unter Verwendung eines Metronoms, beide Scheiben durch den Vorhang v (s. Fig. 8) exponierte. Diese Zeit genügt vollständig, damit die Vp. ihren Vergleich in Ruhe anstellt. Der

Einfluß der Betrachtungszeit wird unten für sich untersucht werden (§ 16). Bei Einstellung der Werte I stand die Betrachtungszeit im Belieben der Vp. Dasselbe war der Fall bei den früheren Versuchen über Lichtperspektive und mit dem Episkotister, wo die Betrachtungszeit sicher auch nicht ohne jede Bedeutung für den Ausfall der Versuche ist, aber nicht so großen Einfluß wie bei den vorliegenden Versuchen hat. Wie die Vp. die Betrachtungszeit von 3 sec. auf die Betrachtung der beiden Scheiben verteilen wollte, stand ihr frei. B_2 ist entschieden die interessantere der beiden Scheiben; ihr gegenüber verhält sich die Vp. nach protokollierten Angaben in einer Weise, die man gut als eine „aktive“ bezeichnen könnte, indem sie versucht, in ihre Qualität einzudringen. B_1 läßt die Vp. mehr auf sich wirken, sie gibt sich ihrem Eindruck hin. Dazu bedarf es nur eines flüchtigen Hinschauens. Meist wird darum nur ein kleiner Bruchteil der ganzen Betrachtungszeit auf B_1 entfallen sein. Die Betrachtung wechselt zwischen beiden Scheiben so schnell ab, daß von einer irgendwie zu berücksichtigenden Umstimmung des Auges beim Übergang von einer Scheibe zur anderen nicht die Rede sein kann. Etwaige Nachbilder dürften vor allem wegen der Schwäche der überhaupt zur Verwendung gekommenen Lichtstärken von vernachlässigbarer Bedeutung gewesen sein.

Vp. Fräulein Beltenewa (R). Scheibe $B_2 = 360^0$ W. n = 8.

A-Versuche.	Wert I	Scheibe	$B_1 = 4{,}2^0$ W	Mittl. Var.	$2{,}4^0$
	„ II	„	$B_1 = 116{,}0^0$ W	„ „	$19{,}2^0$
B-Versuche.	„ I	„	$B_1 = 65{,}9^0$ W	„ „	$3{,}3^0$
	„ II	„	$B_1 = 178{,}6^0$ W	„ „	$11{,}3^0$
C-Versuche.	„ I	„	$B_1 = 80{,}1^0$ W	„ „	$6{,}1^0$
	„ II	„	$B_1 = 180{,}0^0$ W	„ „	$17{,}1^0$
D-Versuche.	„ I	„	$B_1 = 202{,}4^0$ W	„ „	$10{,}6^0$
	„ II	„	$B_1 = 246{,}0^0$ W	„ „	$15{,}5^0$

Die C- und D-Versuche wurden etwas später als die A- und B-Versuche begonnen. Sicher liegt es an diesem Umstande, daß der Wert II der C-Versuche ($180{,}0^0$ W) niedriger ausgefallen ist, als nach dem zugehörigen Wert I und nach den Werten II der A- und B-Versuche zu erwarten ist. Es zeigt sich nämlich, daß im allgemeinen mit der Zahl der Versuche über beschattete Oberflächenfarben die Berücksichtigung der Beschattung etwas zurückgeht. Das zeigt sich auch in den einzelnen der für die Werte II gefundenen Einstellungen. Letztere bilden meist etwas abfallende Reihen.

Eigentlich handelt es sich bei den vorstehend eingestellten Gleichungen nicht allein um Gleichungen zwischen tonfreien

Farben. Würde man bei Ermittlung der Werte I nur tonfreie Papiere verwenden, so könnte man zwar eine Helligkeitsgleichung zwischen B_1 und B_2 erzielen, der Buntheit nach würde aber zwischen beiden ein deutlicher Unterschied [1] bestehen bleiben. Von dem grünlichblauen Anflug der Scheibe B_1 könnte man eventuell leicht absehen, wird er doch nicht einmal von allen Vpn wahrgenommen.[2] Um so deutlicher ist jedenfalls der orangefarbige Ton der beschatteten Scheibe. Um eine vollständige Gleichung zu erzielen, setzte ich darum der unbeschatteten Scheibe Orange zu. Merkwürdig verhielt sich die konstatierte Buntfarbigkeit, wenn man die so erhaltenen Einstellungen unter Hinaufschieben des Doppelschirmes direkt betrachtete. Die unbeschattete Scheibe erschien dann nämlich ebenso deutlich orange gefärbt wie bei Reduktion, während die beschattete Scheibe ihre bunte Färbung fast vollständig eingebüßt hatte. Diese interessanten chromatischen Änderungen haben wir zum Gegenstand unten folgender Versuche gemacht (§ 21). Bei den obigen Werten haben wir die bunten Sektoren nicht mit angegeben, um die Übersicht über die hier in Frage stehenden Helligkeitsverschiebungen nicht zu stören. In den angeführten W-Werten sind die W-Werte der bunten Sektoren eingeschlossen. (Das gilt auch für die im folgenden mitgeteilten Einstellungen.)

Diskussion der Resultate. Wäre die Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse von B_2 (ihrer Beschattung) in jedem Falle eine ideale, so hätten alle unsere Einstellungen für die Werte II 360 ° W ergeben müssen. Die von uns ermittelten Einstellungen bleiben aber alle weit hinter diesem Wert zurück. Um zu sehen, wieweit die tatsächliche Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse hinter der idealen zurücksteht, bilden wir wie früher die Helligkeitsquotienten der H-Reihe.[3] Wir finden für diese Reihe die Werte 0,33; 0,50; 0,50; 0,69. Es folgt hieraus: Die qualitative Änderung, welche eine weiße Scheibe durch eine Beschattung erleidet, ist um so größer, je stärker die Beschattung ist. Ein wesentlich anderes Bild bieten

[1] Der chromatische Unterschied ist hier bedeutender als bei den auf S. 102 ff. beschriebenen Versuchen.

[2] Der grünlichblaue Anflug der Scheibe B_1 rührt vermutlich von dem Kontrast des nicht ganz tonfreien reduzierenden Schirmes her.

[3] Vgl. S. 104.

unsere Resultate, wenn wir unter Berücksichtigung der bei den verschiedenen Graden der Beschattung von den beschatteten Scheiben ausgehenden Lichtstärken und der Helligkeit, mit der sie wahrgenommen werden, ermitteln, welche Aufhellung durch die zentralen Faktoren die Gesichtseindrücke bei den verschiedenen Stärkegraden der Beschattung erfahren. Wir bilden zu diesem Zweck die Quotienten zwischen den Werten I und II. Wir erhalten (natürlich wieder unter Berücksichtigung der W-Valenz des Tuchschwarz) die Quotientenreihe $\frac{120}{10,2} = 11,8$; $\frac{181,6}{70,9} = 2,6$; $\frac{183}{89,8} = 2,2$[1]; $\frac{248}{205,1} = 1,2$[1] (Q-Reihe).[2] Diese Reihe läßt erkennen, daß die relative zentrale Aufhellung einer weißen Fläche um so größer ist, je tiefer ihre Beschattung ist. Der Wert für die A-Versuche ist als außerordentlich hoch zu bezeichnen. Will man Versuche über Beschattung demonstrieren, so tut man gut, wegen der größten zentralen Aufhellung bei einer starken Beschattung gerade mit einer solchen die Demonstration zu beginnen. Sie hat für viele, welche sie sich zum ersten Male durch die Einstellung und den Vergleich der Werte I und II zum Bewußtsein bringen, etwas Überraschendes an sich.

Noch ein paar Worte über die Größe der mittleren Variationen. Wegen der kleinen Versuchszahl müssen wir damit rechnen, daß unsere Mittelwerte von unausgeglichenen Zufälligkeiten nicht ganz frei sind.[3] Für die Werte I sind die entsprechenden mittleren Variationen wohl als normal zu bezeichnen. Daß sie für die Werte II bei der Besonderheit dieser Einstellungen höher ausfallen würden, war zu erwarten. Als überraschend hoch ist der Wert für die A-Versuche zu bezeichnen. Wenn man den niedrigsten und den höchsten Wert der überhaupt vorgekommenen Einstellungen der Werte II bei den A-Versuchen herausgreift, (80 ° W und 145 ° W), fällt das große Gebiet auf, über welches sich die Ein-

---

[1] Für diese Quotienten muß man eigentlich etwas höhere Werte annehmen. Vgl. S. 167.

[2] Vgl. S. 127.

[3] Ihnen ist es auch wohl zuzuschreiben, daß die mittl. Var. des Wertes II der B-Versuche nicht zwischen den entsprechenden Werten der A- und C-Versuche liegt.

stellungen erstreckt haben. Diese Tatsache hängt sehr wahrscheinlich damit zusammen, daß bei den A-Versuchen die Diskrepanz zwischen Eindringlichkeit und Helligkeit der beschatteten Scheibe am größten ist, so daß das Urteil der Vp. in besonderem Maße durch Nebenvergleiche beeinflußt wurde.

Vp. Herr ALPERS (U). Scheibe $B_2 = 360^0$ W. n = 8.

A-Versuche.	Wert	I	Scheibe	$B_1 = 8{,}3^0$	W	Mittl.	Var.	$3{,}9^0$
	„	II	„	$B_1 = 97{,}7^0$	W	„	„	$11{,}7^0$
C-Versuche.	„	I	„	$B_1 = 51^0$	W	„	„	$4{,}6^0$
	„	II	„	$B_1 = 156{,}2^0$	W	„	„	$19{,}6^0$
D-Versuche.	„	I	„	$B_1 = 71{,}9^0$	W	„	„	$3{,}6^0$
	„	II	„	$B_1 = 166{,}5^0$	W	„	„	$18{,}4^0$

Wenn die entsprechenden Werte I bei beiden Vpn verschieden hoch ausgefallen sind, so ist dies jedenfalls nicht auf individuelle Unterschiede zurückzuführen, da Gleichungen zwischen reduzierten Farbeneindrücken, wie ich bereits erwähnt habe, stets allgemeine Anerkennung finden. Ich vermute, daß in erster Linie Differenzen in der Intensität der Tagesbeleuchtung die Unterschiede der Werte I verschuldet haben. Die Versuche fanden nämlich in einem nach Süden gelegenen Zimmer zu verschiedener Tageszeit statt, was eine verschiedene Beleuchtungsintensität schon verständlich machen würde. Ich muß sagen, daß ich bei diesen Versuchen, die der Zeit nach denen über Lichtperspektive vorangingen, noch nicht mit der gleichen Sorgfalt auf ungefähr gleiche Intensität der Tagesbeleuchtung an den verschiedenen Versuchstagen und für die verschiedenen Vpn geachtet habe, was allerdings dem Werte dieser Versuche im allgemeinen keinen Abbruch tun kann.

Wir bilden hier auf gleiche Weise wie früher die Quotienten der H-Reihe und erhalten die Werte 0,28; 0,45; 0,47. Diese Wertreihe bestätigt unseren auf S. 168 aufgestellten Satz, oder, wie wir richtiger sagen müssen: die Übereinstimmung der Versuchsergebnisse bei beiden Vpn und die Erkenntnis, daß durch eine große Reihe von Beobachtern, mit denen wir gelegentlich die Versuche in geringerer Versuchszahl wiederholten, das Qualitative unserer Beobachtungen immer wieder bestätigt wurde, berechtigte uns bereits oben dazu, den Satz mit Allgemeinheit auszusprechen.

Für die Q-Reihe ergeben sich folgende Werte: $\frac{102}{14{,}3} = 7{,}1$;

$\frac{161,2}{56} = 2,9$; $\frac{169,8}{76,6} = 2,2$. Diese Reihe ergibt ein ganz ähnliches Bild wie die entsprechende der Vp. R.

Es war den Vpn untersagt, sich in Reflexionen über die Art der Beleuchtung und die dadurch bedingte Änderung der Farbeneindrücke zu ergehen. Es sollte die Qualität der beschatteten Scheibe, wie sie sich bei unbefangener Betrachtung darbot, beurteilt werden. Ich teile hier einen Mittelwert aus mehreren Einstellungen der Vp. R mit, den ich bei Wiederholung der A-Versuche erhielt, nachdem ich der Vp. anheimgestellt hatte, darüber zu reflektieren, wie die Scheibe B_2 wohl ohne Beschattung aussehen würde. Es ergab sich folgender

Wert II Scheibe B_1 = 161,9° W Mittl. Var. 13,9°.

Die Differenz der Einstellungen, die aus der Verschiedenheit der Instruktion resultiert, ist mit 161,9° W—116° W = 45,9° W recht beträchtlich. Weitere Versuche stellte ich mit der neuen Instruktion nicht an. Mit der Reflexion über die Beleuchtung kommt ein ganz neues Moment in die Versuche hinein, dessen Untersuchung nicht beabsichtigt war.

Die Vpn befanden sich bei der Einstellung der Werte II in einer Entfernung von etwa 80 cm von den beiden Scheiben. Der Einfluß der die Scheibe B_2 aufhellenden zentralen Faktoren tritt zurück, wenn sie aus einer größeren Entfernung betrachtet wird.

Vp. R. Die Betrachtung der beiden Scheiben findet aus einer Entfernung von 3 m statt. Die Versuchsbedingungen sind im übrigen den früheren völlig gleich.

A-Versuche.	Wert II Scheibe	B_1 = 15,0° W	Mittl.	Var.	6,2°
B-Versuche.	„ „ „	B_1 = 70,4° W	„	„	8,3°

Ein Vergleich dieser Werte mit den entsprechenden oben (S. 167) angeführten läßt erkennen, daß eine Betrachtung der Scheibe B_2 aus größerer Entfernung fast ebenso wirkt wie eine Betrachtung durch den Doppelschirm.

Zwei Faktoren bestimmen den Ausfall dieser letzten Versuche. Der eine derselben ist aus einem Versuch Herings zu entnehmen, über den ich hier berichte. „Hänge ich ... an einen Kokonfaden ein Papierschnitzel so auf, daß es mittels einer passend angebrachten kleinen Glühlampe einen schwachen Schatten auf mein Schreibpapier wirft, so sehe ich den Schatten als ein zufällig auf dem Weiß liegendes Dunkel. Ziehe ich aber um den Kernschatten einen breiten schwarzen Strich, der den Halbschatten vollkommen deckt, so sehe ich innerhalb des schwarzen Umrisses eine graue Stelle genau so, wie wenn hier das weiße Papier mit Tusche grau

gefärbt oder ein graues Papier mit schwarzem Rande auf das weiße Papier geklebt wäre."[1] Wie hier die Anbringung des schwarzen Striches den Eindruck modifiziert, so modifiziert den Farbeneindruck bei unseren Versuchen das Zurücktreten des Beobachters. Infolge des Zurücktretens werden nämlich die Halbschatten, die mit zu dem Eindruck des aufliegenden Schattens beitragen, nicht mehr in gleicher Weise wie vordem wahrgenommen. Man kann an den von HERING angegebenen Versuch noch folgende bemerkenswerte Beobachtung anknüpfen. Es stellt sich innerhalb des schwarzen Umrisses der Eindruck der Beschattung wieder ein, wenn man sich dem beschatteten Papier stark nähert. Der Eindruck der Beschattung ist also nur dann deutlich, wenn ein größerer Bezirk des Gesichtsfeldes davon betroffen wird. (Auf eine allgemeine Begründung dieses Satzes kommen wir weiter unten im § 30 zu sprechen.) Dieser zweite Faktor ist für den Ausfall unserer Versuche von höherer Bedeutung als die zuerst erwähnte Änderung in der Wahrnehmung der Halbschatten.

Versuche über Belichtung tonfreier Oberflächenfarben. Der Eindruck, den eine beschattete weiße Oberflächenfarbe macht, ist, wie schon gesagt, dem ähnlich, den eine weiße Oberflächenfarbe in einem Gesichtsfeld von herabgesetzter Beleuchtungsintensität erweckt. Nur gelingt es leichter, das Dunkel, welches wir bei der Beschattung wahrnehmen, den „Schatten", von der „eigentlichen" Farbe zu trennen, als es gelingt, bei im ganzen Gesichtsfeld herabgesetzter Beleuchtungsintensität die „eigentliche Farbe" von der Dunkelheit, die zuweilen darüber gelagert scheint zu scheiden. Bei der Beschattung handelt es sich um die Herabsetzung der Beleuchtungsintensität für bestimmte zirkumskripte Partien des Sehfeldes, deren Umfang sich in vielen Fällen nach der Silhouette des schattenwerfenden Körpers bestimmt; bei einer Herabsetzung der Gesamtbeleuchtung im Gesichtsfeld ist keine Partie desselben von der Verdunklung ausgenommen. Ist nicht eine bestimmte Beleuchtung in dem größten Teile des Sehfeldes vorherrschend, so kommt an den objektiv von weniger Licht getroffenen Stellen des Sehfeldes der Eindruck einer Beschattung überhaupt nicht zustande. Ist die Beleuchtungsintensität fast in dem gesamten Gesichtsfeld herabgesetzt und wird

[1] HERING VI, S. 8.

nur ein kleiner Teil normal beleuchtet, so hat man nicht den Eindruck, als sei fast das ganze Gesichtsfeld beschattet und der kleinere Teil normal beleuchtet. Vielmehr scheint nun die Gesamtbeleuchtung im Gesichtsfeld herabgesetzt, während an der normal beleuchteten Stelle noch ein „Licht" aufgesetzt ist. Diesen Eindruck kann man auf folgende Weise gewinnen. Während die Läden des Dunkelzimmers geschlossen sind, öffne man das Aubertsche Diaphragma, welches an dem einen der Läden befestigt ist, so weit, daß man die Gegenstände des Dunkelzimmers noch gut erkennen kann. Fällt jetzt auf den Boden des Dunkelzimmers durch das Diaphragma das Tageslicht, nicht einmal Sonnenlicht, so hat man bei unbefangener Betrachtung den Eindruck, als läge an der betreffenden Stelle auf dem Boden wirklich Licht, während sie doch nur eine normale Beleuchtung erhält. Öffnet man den das Diaphragma tragenden Fensterladen, so daß auch andere Teile des Fußbodens vom Tageslicht getroffen werden, so verschwindet der Eindruck, als läge an der früher betrachteten Stelle Licht auf, trotzdem sich ihre Lichtstärke nicht verringert, sondern vielmehr etwas erhöht hat. Es stellt sich die Wahrnehmung des normal beleuchteten Fußbodens ein. Die Beobachtung zeigt, daß es auf die Verteilung der „Hell"- und „Dunkel"-Massen im Gesichtsfeld ankommt, damit die gleichbeleuchtete Stelle einmal als normal beleuchtet, ein anderes Mal als von einem Lichtfleck überdeckt aufgefaßt wird.[1] Der Eindruck eines aufgelagerten Lichtes tritt natürlich noch deutlicher ein, wenn man in dem angegebenen Versuch statt Tageslicht Sonnenlicht verwendet. Hering ist bei seinen trefflichen Beobachtungen über die auf Farbenflächen aufliegenden Lichter (Hering VI, S. 9) auf die Bedeutung, welche die Verteilung der Hell- und Dunkelmassen im Gesichtsfeld sowie gewisse Verhaltungsweisen der Aufmerksamkeit ihnen gegenüber für den Eintritt dieser Erscheinungen besitzen, nicht näher eingegangen. Es sei gestattet, noch von einigen hierher gehörenden Beobachtungen, die ich gelegentlich angestellt habe, Mitteilung zu machen. Wenn ich auch den labilen Charakter dieser Erscheinungen nicht verkenne und es für sehr schwierig halte, die Bedingungen anzu-

[1] Die durch Kontrastwirkung bedingten Helligkeitsverschiebungen spielen bei diesen und den folgenden Beobachtungen nur eine untergeordnete Rolle.

geben, unter denen sie für alle Beobachter notwendig eintreten, so hoffe ich doch durch die Angabe der wesentlichen Beobachtungsumstände die meisten Leser in den Stand zu setzen, sich die beschriebenen Erscheinungen durch eigene Anschauung zugänglich zu machen.

Ein freier Platz oder eine Landstraße mögen von dem Licht der hochstehenden Sonne getroffen werden. Sie erscheinen mir dann mit allen darauf befindlichen Gegenständen „zu licht", unter Umständen direkt blendend. Nun wollen wir annehmen, die Sonne befinde sich in unserem Rücken, sodaß wir den von unserem Körper auf die Straße geworfenen „Schatten" sehen können. Trotzdem die von unserem Schatten getroffenen Teile der Straße mehr Licht aussenden als bei normaler Beleuchtung (wovon ich mich durch Versuche überzeugt habe) und diese Teile selbst, wenn wir unsere Aufmerksamkeit auf sie konzentrieren, uns die Straße in ihrer „eigentlichen" Farbe zu geben scheinen, so haben wir doch, wenn wie die Aufmerksamkeit auf das ganze Gesichtsfeld richten, den Eindruck, als läge in diesen Teilen eine D u n k e l h e i t auf der Farbe der Landstraße, die eigentlich nicht zu ihr gehört. Diese Dunkelheit liegt lose auf, ein Eindruck, der dann besonders deutlich wird, wenn infolge unserer Fortbewegung der Schatten über die Farbe der Straße hinzuhuschen scheint. Dadurch, daß bei weitem der größte Teil des Gesichtsfeldes in hellerer als normaler Beleuchtung erscheint und wir auf diese Gesamthelligkeit eingestellt sind, kommt es, daß Farben, die für sich als normal beleuchtet aufgefaßt werden würden, den Eindruck aufgelagerter Dunkelheit machen. Jetzt halten wir einen großen Pappschirm, der allein durch eine kleine Öffnung in seiner Mitte das Sonnenlicht durchfallen läßt, so, daß sein Schatten auf die Straße fällt. Richten wir unsere Aufmerksamkeit auf Teile des Schattens, so glauben wir die eigentliche Farbe der Straße unmittelbar erfassen zu können; nur ganz in der Mitte ist dieser eigentlichen Farbe ein heller Lichtfleck aufgelagert, der sich in der Wahrnehmung leicht von der Farbe des Grundes abhebt. Unsere Beobachtungen zeigen, daß die Auffassung bestimmter Farbeneindrücke als auf den Oberflächenfarben aufliegender Schatten oder Lichter in hohem Grade davon unabhängig ist, wie es mit der absoluten Lichtstärke dieser verschiedenen Farbeneindrücke steht. Sie hängt, wie unsere zuerst beschriebene Beobachtung zeigt, bei Richtung der Aufmerksamkeit

auf das ganze Gesichtsfeld davon ab, welche Beleuchtung als im Gesichtsfeld vorherrschend angesehen wird.[1]

Bei Betrachtung einer von der Sonne beschienenen Landschaft ist mir stets aufgefallen, daß die Erfassung der eigentlichen Farben bei dieser starken Beleuchtung nicht so leicht möglich ist, wie die Trennung der Dunkelheit von den Oberflächenfarben in Fällen der Herabsetzung der Gesamtbeleuchtung. Bei herabgesetzter Beleuchtungsstärke war für die dem Schwarz nahestehenden Farben die Verschmelzung mit der aufliegenden Dunkelheit viel inniger als für die weißen. Bei einer über das Normale hinausgehenden Beleuchtungsstärke ist die Verschmelzung mit dem aufgelagerten Licht bei Weiß am größten, bei Schwarz am geringsten. Hält man ein weißes Papier im Freien in das direkte Sonnenlicht, so empfindet man zwar starke Blendung, aber die Trennung zwischen seiner eigentlichen Farbe und dem auf ihm liegenden Licht gelingt nicht leicht. Je weiter man sich beim Durchlaufen der S-W-Reihe dem schwarzen Ende derselben nähert, um so leichter gelingt die Trennung. Will man Versuche über „aufliegende Lichter" demonstrieren, so tut man aus dem angeführten Grunde am besten, wenn man als beleuchtetes Papier ein tiefschwarzes wählt.

Messende Versuche. Messende Versuche darüber, wieweit durch aufgelagertes Licht die Oberflächenfarben qualitativ beeinflußt werden und bis zu welchem Grade eine „Verdunklung" durch das zentrale Sehen im Gegensatz zu der bei Herabsetzung der Beleuchtung konstatierten Aufhellung durch dasselbe stattfindet, sind wegen Schwierigkeiten der Versuchsanordnung nicht leicht durchzuführen. Sonnenlicht hat man nicht in gleicher Weise zur Verfügung wie künstliches Licht, es ändert seine Richtung beständig, meist auch in kurzer Zeit seine Stärke; man muß diese Versuche also mehr gelegentlich anstellen. In das durch ein Fenster einfallende volle Sonnenlicht stelle ich einen Kreisel K_2. Bringt man auf ihm eine schwarze bis schwarzgraue Scheibe B_2 an, so hat man deutlich den Eindruck eines auf ihrer Oberflächenfarbe liegenden Lichtes. Etwas seitlich davon stelle ich einen zweiten Kreisel K_1, von dem das Sonnenlicht durch die Fensterwand des Zimmers ferngehalten wird. Eine auf K_1 befindliche Scheibe B_1 erscheint normal beleuchtet, also nicht

[1] Vgl. zu den vorstehenden Ausführungen unsere Versuche im § 30.

beschattet. Wie bei den Versuchen über Beschattung der Oberflächenfarben werden auch hier unter Variation der Helligkeit von B_1 zwei Werte ermittelt. Einmal wird zwischen beiden Scheiben nach vollständiger Reduktion eine Gleichung hergestellt (Wert I), ein anderes Mal werden sie nach Freigabe des Überblicks über ihre Beleuchtungsverhältnisse auf gleiche Qualität gebracht (Wert II). Es wird die Grenzmethode angewandt.

Vp. Dr. KATZ. Scheibe $B_2 = 360^0$ S. n = 4.
Wert I Scheibe $B_1 = 84^0$ Gelb 80^0 Rot 196^0 W
Wert II Scheibe $B_1 = 3^0$ Gelb 5^0 Rot $7{,}5^0$ W $344{,}5^0$ S

Ich weise auf die rötlichgelbe Tönung hin, welche die schwarze Scheibe durch die Beleuchtung mit Sonnenlicht erfährt (Wert I) und welche bei direkter Betrachtung stark zurückgeht (Wert II). (Vgl. die analoge Beobachtung bei Beschattung von B_2 auf S. 168) Bei diesen Versuchen tritt infolge des Überblicks über die Beleuchtungsverhältnisse ein deutliches Schwärzlicherwerden der Scheibe B_2 ein, welches dem „Weißlicherwerden" in den Versuchen über Beschattung bei Freigabe des Überblicks über die Beleuchtungsverhältnisse durchaus analog ist. Die Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse kommt der idealen recht nahe. Man bedenke, daß der Wert II die wahre Helligkeit von B_2 nur um $16{,}4^0$ W[1] — 6^0 W, d. h. $10{,}4^0$ W übertrifft. Demnach ist die Verdunklung von B_2, welche infolge des Überblicks über die Beleuchtungsverhältnisse eintritt, ganz beträchtlich; sie kommt am besten in der Differenz der Helligkeiten der Werte I und II: 265^0 W[1] — $16{,}4^0$ W = $248{,}6^0$ W zum Ausdruck. So wie bei herabgesetzter Beleuchtungsintensität die Qualität Weiß und die ihr nahestehenden Farben am energischsten ihren Charakter wahrten (S. 111), gilt dies für die Qualität Schwarz und die ihr nahestehenden Farben bei heraufgesetzter Beleuchtungsintensität. Eine genaue zahlenmäßige Bestätigung dieser Verhältnisse ist aus versuchstechnischen Gründen nicht leicht zu erzielen. Nehmen wir z. B. bei unserer Anordnung B_2 nur ein wenig heller, etwa = 350^0 S + 10^0 W, so läßt sich auf der normal beleuchteten Scheibe B_1 bereits keine B_2 nach Reduktion an Helligkeit und Farbenton gleiche Einstellung erzielen.

Stufenweise Reduktion von Oberflächenfarben. Als „vollständige Reduktion" hatten wir das Verfahren bezeichnet,

[1] Unter Berücksichtigung der W-Valenzen des Tuchschwarz und der buntfarbigen Sektoren.

durch das alle Farben heterogener Erscheinungsweise in Flächenfarben übergeführt wurden. Bei Oberflächenfarben, die sich nicht unter normalen Beleuchtungsverhältnissen befinden, sondern etwa beschattet oder belichtet sind, kann man die sie auslösende Strahlung durch eine gewisse Änderung der Versuchsbedingungen so zur Einwirkung bringen, daß der Charakter der ausgelösten Farbeneindrücke als Oberflächenfarben erhalten bleibt, aber die Oberflächenfarben n i c h t m e h r beschattet oder belichtet erscheinen; die so erhaltenen Farbeneindrücke nehmen hinsichtlich der Momente ihrer Farbmaterie meist eine Zwischenstellung zwischen den ursprünglich und den nach vollständiger Reduktion vorhandenen Farbeneindrücken ein. Man kann z. B. vor einer beschatteten (belichteten) Oberflächenfarbe einen gelochten Schirm in eine solche Lage bringen, daß man von der Beschattung (Belichtung) selbst nichts mehr bemerkt, (der Schirm verdeckt den Überblick über die Beleuchtungsverhältnisse, ohne welche die Wahrnehmung einer Beschattung resp. Belichtung nicht eintritt), daß man aber die in dem Loche des Schirmes erscheinende Farbe noch deutlich mit dem Charakter der Oberflächenfarbe wahrnimmt. So erscheint sie in bestimmter Entfernung vom Auge und hat eventuell auch eine nicht-frontalparallele Orientierung zum Beobachter. Im allgemeinen ist hier der Schirm in größere Nähe der betrachteten Farbenfläche zu bringen als bei der vollständigen Reduktion, damit man anstatt wie bei dieser auf den Rand des Schirmes auf die in dem Loche desselben erscheinende Fläche akkommodieren kann. Wir wollen in diesem Falle von einer R e d u k t i o n d e r b e s c h a t t e t e n (b e l i c h t e t e n) O b e r f l ä c h e n f a r b e „u m e i n e S t u f e" sprechen. Die Reduktion des so erhaltenen Eindrucks zur Flächenfarbe würde die nächste Stufe der Reduktion darstellen. Bei der ersten Reduktionsstufe der beschatteten (belichteten) Oberflächenfarbe ist also von einer Wahrnehmung des über die Oberflächenfarbe gebreiteten Schattens (Lichtes) nicht mehr die Rede; der Schatten (das Licht) „verschmilzt" ganz mit der Oberflächenfarbe, es resultiert daraus der Eindruck einer dunkleren (helleren) Oberflächenfarbe, wobei nach meinen Beobachtungen der Grad der Helligkeit dem gleichkommen kann, den eine Oberflächenfarbe der gleichen Lichtausstrahlung aufweisen würde, die sich unter der gleichen Beleuchtung wie der reduzierende Schirm befindet. Dieser Grad der Dunkelheit wird z. B. erreicht, wenn man die Reduktion um die erste Stufe so vor-

nimmt, wie es Hering in dem auf S. 171 f. angeführten Versuch getan hat. Ich führte diesen Versuch auch darum wörtlich an, weil Hering die Reduktion dabei nicht mit Hilfe eines gelochten Schirmes sondern auf andere Weise vorgenommen hat[1]; denn dieses bietet mir eine willkommene Gelegenheit, darauf hinzuweisen, daß es ganz gleichgültig ist, durch welche Anordnung man die vollständige oder die stufenweise Reduktion vornimmt; wesentlich ist nur, daß durch das reduzierende Verfahren die erwähnten Änderungen in den Erscheinungsweisen der Farbeneindrücke ohne Änderungen der peripheren Farben auch wirklich erreicht werden. Die tiefe Dunkelheit erreicht in jenem Versuch Herings der Schattenfleck darum, weil das „mit Tusche graugefärbte" Papier für den unmittelbaren Eindruck sich gleichzeitig unter den (normalen oder nicht normalen — was hier gleichgültig ist) Beleuchtungsverhältnissen des übrigen Papieres zu befinden scheint. Die stufenweise Reduktion ist also hier mit einer Reduktion auf gleiche Beleuchtungsverhältnisse verknüpft. Bei Verwendung eines gelochten Schirmes für die Reduktion um die erste Stufe eines beschatteten Papieres wird der bei dem Heringschen Versuch erreichte Grad der Verdunklung nicht immer ganz erreicht. Das Papier erscheint meist etwas heller als es nach seiner Lichtausstrahlung erscheinen sollte. Der Eindruck der Beschattung ist zwar vollständig verschwunden, es bleibt aber infolge bestimmter Verhältnisse der Eindruck bestehen, als befände sich die betrachtete Oberflächenfarbe nicht unter normalen Beleuchtungsverhältnissen, sondern sei schwächer beleuchtet.[2] Und eben eine Folge dieses Eindrucks ist es, daß das Papier nach stufenweiser Reduktion etwas heller erscheint als nach seiner vollständigen Reduktion zur Flächenfarbe. Was die Helligkeit der Eindrücke angeht, so wird also in vielen Fällen die um eine Stufe reduzierte beschattete (belichtete) Oberflächenfarbe eine Zwischenstellung einnehmen zwischen der beschatteten (belichteten) Oberflächenfarbe vor jeder und nach der vollständigen Reduktion. Gleichungen, die zwischen vollständig reduzierten Farbeneindrücken hergestellt sind, werden von verschiedenen Beobachtern anerkannt. Hier ist hinzuzufügen, daß eher eine gegenseitige Anerkennung von Gleichungen zwischen

[1] Natürlich spricht Hering nicht von Reduktion. Doch handelt es sich bei dem angeführten Versuch um ein Verfahren, das nach unserer Terminologie als Reduktion um die erste Stufe zu bezeichnen sein würde.
[2] Der Deutlichkeitsgrad der Oberflächenstruktur ist weniger deutlich.

Oberflächenfarben sekundär verschiedener Erscheinungsweise nach ihrer Reduktion um die erste Stufe als vor derselben stattfindet.

Durch ein bestimmtes Verfahren war die Reduktion aller Farbeneindrücke heterogener Erscheinungsweise zu Flächenfarben möglich. Die Überfühung aller Farbeneindrücke in ein anderes System war nicht in gleich einfacher Weise zu erreichen. Für eine Gliederung innerhalb des Systems der Oberflächenfarben ist die jetzt von uns gefundene Tatsache bemerkenswert, daß Oberflächenfarben bei der Reduktion um die erste Stufe fast ganz den Charakter einbüßen, der aus ihrer besonderen Beleuchtung entspringt (Beschattung, Belichtung), ohne den Charakter als Oberflächenfarben zu verlieren und daß sie erst bei Reduktion um die nächste Stufe zu Flächenfarben werden. Man vermag hierin einen Hinweis auf die Entwicklung der Oberflächenfarben sekundär verschiedener Erscheinungsweise im Laufe der individuellen Erfahrung zu sehen.

Anhang.

Photographische Aufnahmen unserer Versuchsanordnung für Beschattung von Oberflächenfarben. W. Warstat setzt in seiner Arbeit „Allgemeine Ästhetik der photographischen Kunst auf psychologischer Grundlage“[1] die Unterschiede auseinander, die zwischen einem Bilde, wie es uns die photographische Platte von einem Gegenstande liefert und jenem, welches wir von ihm durch unser Auge empfangen, vorhanden sind. Von den Punkten, deren er dabei noch hätte Erwähnung tun müssen, will ich nur einen herausgreifen, der sich bei der hier von uns geübten Betrachtungsweise der Farben aufdrängt. Warstat hat vergessen, daß die photographische Kamera keine Nervensubstanz hat, in welche sie etwaige optische Erfahrungen deponieren könnte. Das menschliche Sinnesorgan mit seinen zugeordneten nervösen Zentren „lernt“, seine mechanische Nachbildung, der photographische Apparat, sieht die Gegenstände bei seiner tausendsten Aufnahme nicht anders als bei seiner ersten. Wegen dieser Verschiedenheit schien es mir

[1] Halle 1909. S. 9—28.

zum mindesten instruktiv, einige „Parallelversuche“ mit dem menschlichen Auge und der Kamera vorzunehmen. Will man Eindrücke, wie sie das Auge liefert, mit Bildern der Kamera vergleichen, so darf man an deren Aufnahme nicht ohne Innehaltung derjenigen Vorsichtsmaßregeln herantreten, welche sich aus der verschiedenen Reaktionsweise der Netzhaut und der photographischen Platte gegenüber der gleichen Lichtstrahlung herleiten lassen. Bekanntlich ist letztere den blauen und violetten Strahlen gegenüber verhältnismäßig viel empfindlicher als die menschliche Netzhaut.[1] Diesem Umstand trug ich Rechnung durch Verwendung orthochromatischer Platten sowie eines mir von fachmännischer Seite empfohlenen gelblichen Strahlenfilters. Durch diese Maßnahmen wurden wohl die Strahlen von dem photochemisch wirksameren Ende des Spektrums genügend stark geschwächt, um eine Verschiedenheit in dem Ausfall der von den beiden Scheiben B_1 und B_2 unserer Versuchsanordnung III erhaltenen Bilder im wesentlichen auf verschiedene Intensitätsverhältnisse des weißen Lichtes und nicht auf die Wirkung von Strahlen, die photochemisch sehr verschieden wirksam sind. zurückführen zu können.

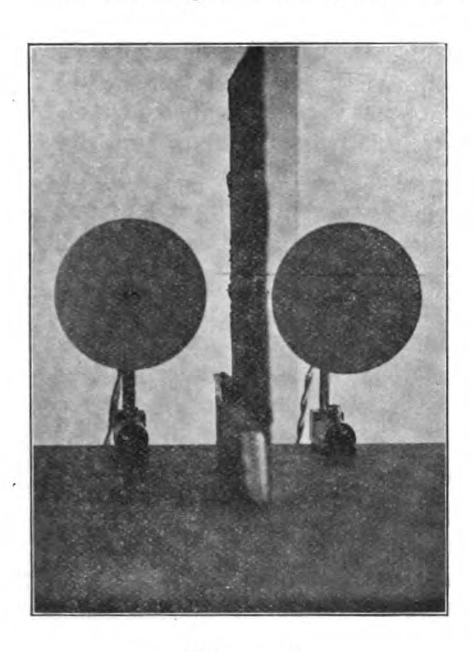
Die erste Aufnahme (I) unserer Versuchsanordnung ist für den Fall genommen, daß beide Scheiben nach vollständiger Reduktion einander vollkommen gleich gemacht sind.[2] Scheibe B_2 (die in der Photographie l i n k e Scheibe) war gleich 360° W. Scheibe B_1 (die in der Photographie r e c h t e Scheibe) hatte die Einstellung I: 5° W 5° Orange 350° S. Diese Gleichung hatte ich selbst eingestellt. Auf der Photographie sind die grauen Farben der beiden Scheiben nicht sehr voneinander verschieden [3]; in dieser (gleichen) Helligkeit bieten sie sich für den Beobachter nur n a c h Reduktion

[1] Vgl. J. M. Eder, Handbuch der Photographie. 1. Teil. 1. Hälfte. 2. Aufl. Halle 1892. S. 279 ff.

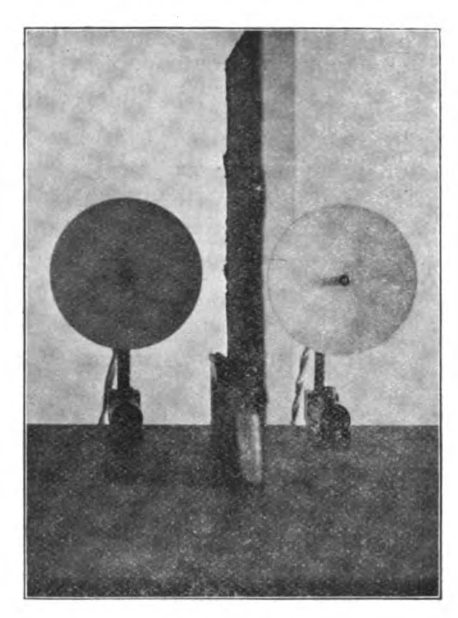
[2] Damit sich in der Photographie die Scheiben deutlicher vom Hintergrund abhoben, ersetzte ich den bei den Versuchen verwendeten grauen Hintergrund durch einen beträchtlich helleren.

[3] Wenn B_2 etwas heller ausgefallen ist, so liegt dies wohl an einer Schwankung der Tagesbeleuchtung, die während der Einstellung des photographischen Apparates eingetreten ist. Diese Annahme halte ich für erlaubt, weil in anderen Aufnahmen B_1 etwas heller ausgefallen ist. Es ist durch einen Zufall bedingt, daß die einzelnen Scheiben beider Photographien in ihrer Ausdehnung etwas verschiedene Helligkeit aufweisen. Ich wählte gerade diese Photographien zur Veröffentlichung, weil sie sich durch größere Schärfe vor den anderen auszeichnen.

dar. Betrachte ich die mit dem Doppelschirm vorgenommene Einstellung **direkt**, nach Hinaufschiebung des Doppelschirmes



Photogr. I.



Photogr. II.

(bei welcher Lage die Photographie genommen wurde), so kann ich natürlich von einer qualitativen Gleichung durchaus nicht mehr sprechen. Dann sehe ich B_2 als eine stark beschattete, nahezu weiße, B_1 als eine unbeschattete schwarzgraue bis schwarze Scheibe. Von einem **solchen** Eindruck gibt die Photographie nichts. Betrachte ich die Photographie ohne weitere Hilfsmittel, so erscheint mir das Grau der linken Scheibe von keiner anderen Erscheinungsweise als das der rechten Scheibe. Dabei ist doch eine Beschattung des links von dem schattenwerfenden Schirm gelegenen Teiles der Versuchsanordnung in der Photographie deutlich zu erkennen. Nur scheint der Schatten durchaus mit den Farben, über denen er liegt, **verschmolzen** zu sein. Achte ich bei meiner Einstellung I nicht auf die Qualität, sondern auf die Eindringlichkeit der Scheibenfarben, prüfe ich also, wie stark ich mich von beiden affiziert fühle, so kann ich wohl sagen, daß dies von beiden Farben ungefähr in gleichem Grade geschieht. Für die

Scheibenfarben unserer Photographie gilt ähnliches. Die Photographie gibt demnach die Eindringlichkeitsverhältnisse tonfreier Farben richtig wieder.

Die zweite Aufnahme (II) unserer Versuchsanordnung wurde gemacht, nachdem ich bei direkter Betrachtung die beiden Scheiben wie in den entsprechenden Versuchen auf S. 164 ff. auf gleiche Qualität eingestellt hatte. Es ergab sich die Einstellung II: B_1 = 110° W 5° Orange 245° S. Die erhaltene Photographie wird uns natürlich nach der Erläuterung der ersten Aufnahme ohne weiteres vertändlich erscheinen. Das Bild gibt die vorhandenen Eindringlichkeitsverhältnisse der Scheiben wieder, und da bietet sich allerdings, wenn ich die auf gleiche Qualität eingestellten Scheiben danach beurteile, in welchem Grad ich mich von ihnen affiziert fühle, ein bedeutender Unterschied wie auf der Photographie. Auf letzterer kann von qualitativer Gleichheit der beiden Scheiben in keinem Sinne die Rede sein. Die eine Fläche ist hellgrau, die andere dunkelgrau. Aus dieser Aufnahme kann man ebenso wie aus der ersten folgern, daß die photographische Aufnahme nicht den Eindruck tonfreier Farben bestimmter Qualität in verschiedener Ausgeprägtheit auszulösen vermag. Die tonfreien Farben, welche die Photographie auslöst, bilden ein Kontinuum von nur einer Dimension.

Die Photographien sind auch dafür geeignet, sich einmal in Ruhe zum Bewußtsein zu bringen, wie weit überhaupt die Beschattung in unserer Anordnung geht. Bei der Betrachtung der Versuchsanordnung in natura entgeht einem leicht ein schwächerer Schatten, weil man schon darauf eingestellt ist, von den auf den Oberflächenfarben liegenden Schatten abzusehen.

Wenn die Photographie nur über eine eindimensionale tonfreie Farbenreihe verfügt, während bei der Betrachtung der Dinge selbst tonfreie Farben in mehreren Stufen der Ausgeprägtheit vorkommen, beruht dies nur darauf, daß bei der durch die Photographie ausgelösten Wahrnehmung bestimmte Motive oder Motive von derselben Stärke fehlen, die sonst vorhanden sind und die durch Auslösung zentraler Prozesse modifizierend auf die zentripetale Erregung wirken. Es liegt hier eine Eigentümlichkeit vor, mit welcher der Photograph rechnen muß, da sie nicht durch eine zufällige Eigentümlichkeit unserer Aufnahmen bedingt ist, sondern im Wesen des photographischen Prinzips liegt. Die Schwächen der Photographie zu kennen, ist für den photogra-

phischen Künstler vorteilhaft, da er nur so in der Lage ist, sie durch willkürliche Steigerung anderer Ausdrucksmittel wenigstens teilweise zu kompensieren oder Aufnahmen zu vermeiden, in denen diese Schwächen der Bildwirkung gefährlich werden könnten. Versuchen wir uns klar zu machen, warum die Photographie von farbigen Verhältnissen, wie wir sie hier im Auge haben, hinter dem Eindruck voller Natürlichkeit stets zurückbleiben muß.[1]

1. Die Photographie gibt einen Welt-„Ausschnitt". Allein innerhalb dieses Ausschnittes kann sie die Farben- und Beleuchtungsverhältnisse darzustellen versuchen. Sie schließt darum, von Ausnahmefällen abgesehen, alle diejenigen Motive für Farbenauffassungen aus, die sonst aus der g a n z e n K o n s t e l l a t i o n, z. B. aus der Lage des Beobachters zu den betrachteten Gegenständen, erwachsen. Diese Lage findet bei der normalen Farben- und Beleuchtungswahrnehmung stets ihre Berücksichtigung. Da wir z. B. wissen, daß das Licht unter normalen Umständen vom Fenster her in das Zimmer fällt, würden wir bei der Betrachtung unserer Versuchsanordnung nicht wenig erstaunt sein, etwa die dem Fenster nahestehende Scheibe beschattet, die andere unbeschattet zu sehen. Motive für die besondere Auffassung der Farben und ihrer Beleuchtung, welche aus dieser Mitberücksichtigung der Lage des Beobachters entspringen, fallen auf der Photographie von vornherein fort. Auf dem Bild herrscht zwar auch eine Gesetzmäßigkeit in der Verteilung von Licht und Schatten, eine gewisse Logik der Beleuchtung, aber diese Gesetzmäßigkeit herrscht nur bis zu den Grenzpfählen des Bildrahmens. Es ist von Interesse, daß ein Widerspruch in bezug auf die Lichtverteilung im Gesichtsfeld, wie wir ihn soeben für die natürliche Betrachtung der Dinge als möglich fingierten [2], zwischen der Art der Lichtverteilung auf dem Bilde und der Art der Lichtverteilung in seiner

---

[1] Von dem Mangel der Buntfarbigkeit sehen wir bei dieser Betrachtung überhaupt ab und berücksichtigen nur tonfreie Farben.

[2] Ich habe bisweilen Beobachtungen widerspruchsvoller Lichtverteilung im Gesichtsfeld gemacht, wenn in einem n i c h t - sichtbaren Spiegel für die gespiegelten Objekte eine andere Lichtverteilung bestand als für die Objekte seiner Umgebung. Hierher gehört auch der Eindruck, den man von der Beleuchtung erhält, wenn eine Matrize als Patrize erscheint. „Dadurch entsteht eine Art m a g i s c h e r B e l e u c h t u n g (von mir gesperrt gedruckt!) des Reliefs, die gleichsam aus dem Innern zu kommen scheint." HELMHOLTZ II, S. 772. Auf die „Lichtführung" in dem Gesichtsfeld kommen wir noch zurück (§ 31).

Umgebung nicht vorkommt. Ein Bild, auf dem für den Betrachtenden das Licht von links nach rechts einfallend dargestellt ist, erleidet in seiner Wirkung keine Einbuße, wenn wir es in einem Raum aufhängen, in dem das Licht von rechts nach links einfällt; von einem Widerspruch der Beleuchtung vollends, wie wir ihn bei der Wahrnehmung der oben nur fingierten Konstellation sicher empfinden würden, kann gar keine Rede sein. Mit diesen Ausführungen ist wohl erwiesen, daß für den photographischen Ausschnitt Motive zur Auffassung farbiger Verhältnisse von nicht unbedeutender Stärke fortgefallen sind, die für den Ausschnitt der Wirklichkeit selbst in Wirksamkeit sind. Der Leser hat natürlich bereits erkannt, daß die hier behandelte Frage in genau gleicher Form für die Naturtreue des Gemäldes wiederkehrt.

2. Die Photographie von Gegenständen bleibt an Größe gewöhnlich hinter der natürlichen Größe der Gegenstände zurück, diese erscheinen auf der Photographie unter zu kleinem, also ungewohntem Gesichtswinkel. Eine Folge hiervon ist es, daß die einzelnen Teile eines Objektes auf der Photographie in anderen Deutlichkeitsgraden erscheinen als dies bei der Wahrnehmung der Objekte selbst der Fall ist. Dieser Umstand kann sehr wohl die Reproduktion solcher Faktoren hemmen, die für gewöhnlich das farbige Sehen mitbestimmen. Es sind Versuche darüber anzustellen, wie weit bei Betrachtung von Photographien durch den Veranten, der die dargestellten Objekte in natürlicher Größe erscheinen läßt, sich neben ihrer größeren Natürlichkeit in räumlichen Beziehungen auch eine größere Natürlichkeit hinsichtlich des Eindrucks der Oberflächenfarben und der Lichtverteilung bemerkbar macht. Für mich konnte ich feststellen, daß bei Betrachtung von Photographien durch den Veranten die Art der Beleuchtung mit viel größerer Deutlichkeit gegeben ist.

3. Der Eindruck der Raumverhältnisse innerhalb des photographischen Ausschnittes erscheint auch bei binokularer Betrachtung dem ähnlich, den die Raumverhältnisse des dargestellten Ausschnittes selbst bei monokularer Betrachtung (mit dem ruhenden Auge) gewähren.[1] Sei es, daß die binokulare

[1] Schon HELMHOLTZ (HELMHOLTZ I, S. 98) hat darauf hingewiesen, daß durch Ausbleiben der Disparatheit der Netzhautbilder bei Betrachtung von Gemälden ein wichtiger Faktor für die Erweckung des Tiefenein-

Betrachtung auf dem Umweg über die deutlichere Tiefenwahrnehmung, sei es, daß sie in mehr direkter Weise zu einer stärkeren Mitwirkung zentraler Faktoren beim Farbensehen beiträgt: jedenfalls könnte der Umstand, daß bei binokularer Betrachtung eines photographischen Ausschnittes diejenige Verschiedenheit der Netzhautbilder fehlt, die bei der Betrachtung der Außenwelt selbst vorhanden ist, mit dahin wirken, daß die Farbeneindrücke der Photographien von Objekten von denen der Objekte selbst abweichen. Unsere Vermutung kann auf zwei Weisen eine Bestätigung erhalten. a) Monokulare statt binokulare Betrachtung einer Konstellation muß für die Farbeneindrücke, bei denen zentrale Einflüsse eine größere Rolle spielen, die Wirkung eben dieser zentralen Einflüsse zurücktreten und die Farbeneindrücke denen ähnlicher werden lassen, die uns die Photographie von ihnen gibt. Diese Annahme wird sich durch Versuche (s. § 19) bestätigen lassen. b) Eine stereoskopische Aufnahme muß, im Stereoskop gesehen, hinsichtlich des Farbeneindrucks der Wirklichkeit näher kommen als eine unter den gleichen Bedingungen gemachte nichtstereoskopische Aufnahme. Ich glaube auf Grund stereoskopischer Bildbetrachtungen sagen zu können, daß unsere unter b ausgesprochene Vermutung bei diesen eine Bestätigung findet. Die Lichtverteilung kommt bei Betrachtung von Photographien im Stereoskop deutlicher zum Bewußtsein, vor allem habe ich den Eindruck, als hätten die Schatten an Lockerheit gewonnen und sonderten sich mehr von den Oberflächenfarben der Objekte ab.

§ 15. Individuelle Differenzen.

Ein Massenversuch. Bei Gelegenheit von Vorlesungsdemonstrationen (zu einer Vorlesung des Herrn Prof. Müller) stellte ich auch einen Versuch über die Beschattung tonfreier Oberflächenfarben unter die demonstrierten Versuche ein. Ich wählte dabei für B_2 eine weiße Scheibe und aus den oben (S. 169) angegebenen Gründen zur Erzielung einer vollen Wirkung eine starke Beschattung. Dann stellte ich für mich den Wert I sehr genau ein. Die Teilnehmer an den Demonstrationen (über 200) bekamen zuerst diese Einstellung zu sehen. Die von mir eingestellte Gleichung wurde von allen ohne Ausnahme anerkannt.

---

drucks des Dargestellten fortfällt. Die Wirkung dieses Umstandes auf die Farben wahrnehmung hat er indessen nicht berührt.

Gab ich nun, während der Beobachter in derselben Stellung verharrte, den Überblick über die Beleuchtungsverhältnisse dadurch frei, daß ich den Doppelschirm hinaufschob, und verwies ich gleichzeitig darauf, daß an der Einstellung der Scheiben selbst nichts geändert worden sei, so waren zwar alle Beobachter ohne Ausnahme in dem Urteile einig, daß nun die beschattete Scheibe deutlich heller sei als die unbeschattete. Die Aufhellung der beschatteten Scheibe schien aber für die einzelnen Beobachter in ganz verschiedenem Grade einzutreten. Während die einen sich mit der Konstatierung einer recht deutlichen Aufhellung zufrieden gaben, konnten andere ihrer Überraschung über die der beschatteten Scheibe widerfahrene Aufhellung gar nicht genügend Ausdruck geben und ließen sich diese „merkwürdige Erscheinung" wiederholt zeigen. Bei diesen Demonstrationen kam mir der Gedanke: Wie stünde es, wenn die Beobachter alle Maler wären und die Helligkeit der beschatteten Scheibe auf der Leinwand festhalten sollten, um dann ihre Erzeugnisse einer wechselseitigen Kritik zu unterziehen. Wie würde dieselbe wohl hinsichtlich des Punktes „Naturwahrheit" ausfallen! Diese individuellen Differenzen, die sich bei der Aufhellung der beschatteten Scheibe durch das innere Auge zeigten, während solche hinsichtlich des Wertes I nicht zu beobachten waren, gaben mir jedenfalls mancherlei Gedanken ein für eine Psychologie der individuellen malerischen Farbengebung.[1] Hier sollte von ihnen nur Mitteilung gemacht werden als ein Zeichen dafür, daß bei Versuchen dieser Art allgemein mit großen individuellen Verschiedenheiten zu rechnen ist. Die im folgenden zu besprechenden individuellen

---

[1] Heine und Lenz haben auf Grund von Versuchen mit Kunstmalern (über Farbensehen besonders der Kunstmaler, Jena 1907) nachgewiesen, daß es ein verfehltes Unternehmen ist, mit E. Rählmann (vgl. dessen Schrift „über Farbensehen und Malerei" 2. Aufl. München 1902) die verschiedene Farbengebung der Maler durch eine maßgebliche Verschiedenheit ihrer Farbensysteme zu erklären. Schon die aus einem Studium der Kunstgeschichte sich ergebende Tatsache, daß so wesentliche Unterschiede in der Farbengebung sich erst mit dem Bemühen der Künstler einstellen, die mannigfach wechselnden Wirkungen der Beleuchtung darzustellen, macht es nach meinem Dafürhalten unwahrscheinlich, daß diese Unterschiede so elementar zu erklären sind, wie es Rählmann tut und verweist auf zentraler gelegene Erklärungsfaktoren. Vgl. hierzu auch A. Guttmanns Vortrag über Farbensinn und Malerei. Ber. über den 3. Kongr. f. exp. Psychol. Leipzig 1909.

Differenzen sind also kein Kunstprodukt, das aus der Auswahl unserer Vpn resultiert.

Die individuellen Differenzen bei den Versuchen über Beschattung der Oberflächenfarben. Wie steht es mit den individuellen Verschiedenheiten bei der Aufhellung einer beschatteten Scheibe durch das innere Auge, wenn wir uns speziell unseren messenden Versuchen zuwenden? Greifen wir z. B. je den ersten Versuch mit unseren beiden Vpn R und U heraus. Die Helligkeit der beschatteten Scheibe B_2 war bei diesen beiden Versuchen völlig, die Stärke ihrer Beschattung wohl nahezu gleich, wie aus den Werten I hervorgeht. Wir erhalten als Q-Werte der zentralen Aufhellung: 11,8 (R), 7,1 (U). Der vorhandene Unterschied ist eigentlich als überraschend hoch zu bezeichnen. Würden wir bei sonstigen optischen Versuchen, z. B. bei Einstellungen von Gleichungen an einem Spektralfarbenapparat, auf eine solche Verschiedenheit stoßen, so würden wir unsere Versuche erst einer Revision daraufhin unterziehen, ob sich nicht irgendwelche Beobachtungsfehler eingeschlichen hätten. Würde sich ein Verdacht nach dieser Richtung nicht bestätigen, so könnten wir nicht umhin, von dem Vorhandensein geradezu typischer Verschiedenheiten zu sprechen, die aus verschiedenen Reaktionsweisen der Beobachter auf die gleiche äußere Lichtreizung resultieren. Da die hier vorhandenen individuellen Differenzen nicht aus peripher-physiologischen, sondern aus zentralen Verhältnissen entsprungen sein müssen, so wollen wir, um die Betrachtungen von vornherein auf eine breitere empirische Basis zu stellen, prüfen, wie es mit dem Vorkommen individueller Differenzen bei denjenigen früheren Versuchen, wo auch zweifellos zentrale Faktoren mitwirkten, bestellt ist.

Die individuellen Differenzen bei den Versuchen über Lichtperspektive und den Versuchen mit dem Episkotister. Zwischen den Werten der früher aufgestellten Quotientenreihen H und Q besteht natürlich die Beziehung, daß der Quotient der Q-Reihe um so größer ausfällt, je näher der entsprechende Quotient der H-Reihe der 1 steht. Da die Einstellungen der Reduktionswerte von allen Beobachtern gegenseitige Anerkennung finden, so müssen, wenn man von denselben Reduktionswerten ausgeht, in den Quotienten der H-Reihe die individuellen Differenzen ebensowohl zum Ausdruck kommen wie in denen der Q-Reihe. Voraussetzung für

die Möglichkeit, von verschiedenen Vpn gleiche Werte der Reduktion zu erlangen, ist, daß für die untersuchten Vpn an den verschiedenen Tagen das Verhältnis der Beleuchtungsstärke zwischen den jedesmal verglichenen Oberflächenfarben das gleiche ist. In unseren Versuchen über Beschattung ist diese Voraussetzung nicht erfüllt; wir können also nicht erwarten, daß in den Werten der H-Reihen die individuellen Differenzen in demselben Grade zum Ausdruck kommen wie in denen der Q-Reihen. Da in den Versuchen über Lichtperspektive stets auf annähernd gleiches Verhältnis in der Beleuchtungsstärke der unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen stehenden Oberflächenfarben geachtet worden ist, so hätten wir näherungsweise Gleichheit der reduzierten Werte erwarten dürfen; letztere wurden aber nicht eingestellt. Die dort aufgestellten H-Reihen bringen in gleicher Weise wie die entsprechenden in den Beschattungsversuchen zum Ausdruck, in welchem Grade die Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse stattfand. Wir beschränken uns in der Gegenüberstellung der bei den vier Vpn erhaltenen Werte auf die Fälle, wo auf Kreisel A dieselben Einstellungen zur Verwendung gekommen sind.

		H-Werte		
Vpn	M	L	K	N
1. Scheibe A: 360° W	0,36	0,49	0,62	0,88
2. „ 270° „	0,35	0,49	0,60	0,87
3. „ 210° „	0,31	0,49	0,64	0,80
4. „ 180° „	0,30	0,48	0,54	0,77
5. „ 100° „	0,27	0,38	0,45	0,60
6. „ 80° „	0,25	0,33	0,40	0,62
7. „ 60° „	0,27	0,30	0,41	0,65

Wir haben die Wertreihen gleich so geordnet, daß die mit den niedrigsten Werten an erster Stelle, die mit den höchsten Werten an letzter Stelle steht. Wir können nicht umhin, die individuellen Differenzen, die bei der Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse in den Wertreihen von M und N zum Ausdruck kommen, als enorm zu bezeichnen. Die Wertreihen von L und K ordnen sich zwischen diese extremen ein. Individuelle Differenzen hohen Grades zeigen sich also bei den Versuchen über Lichtperspektive in der Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse in gleicher Weise wie bei den Versuchen über Beschattung. Eine andere bemerkenswerte Tatsache ist es, daß die beobachteten individuellen Differenzen, die sich in den Einstellungen auf Kreisel

B bemerkbar machen, für alle auf Kreisel A verwandten Einstellungen nach derselben Richtung gehen.

Setzen wir schließlich die Wertreihen her, die wir bei den Versuchen mit dem Episkotister erhalten haben.

	H-Reihen		Q-Reihen	
Vpn	P	Mü	P	Mü
E 90°	0,336	0,388	1,34	1,55
E 30°	0,284	0,298	3,41	3,58
E 10°	0,243	0,306	9,16	11,02
E 3°	0,238	0,189	28,6	23,7

Da die beiden verglichenen Oberflächenfarben bei beiden Vpn unter genau gleichen Beleuchtungsverhältnissen standen, so müssen nach dem auf S. 187 Ausgeführten die H- und Q-Reihen die individuellen Differenzen in gleicher Weise zum Ausdruck bringen, was sich in den Zahlen auch zu erkennen gibt. Es ist nicht ohne Interesse, daß für die Werte E 90°—E 10° die individuellen Abweichungen nach der entgegengesetzten Richtung gehen wie für den Wert E 3°. Die individuellen Differenzen sind für E 3° und E 10° größer als für E 30° und E 90°. Dies ist aus dem Grund von Interesse, weil die relative Aufhellung bei kleiner Öffnung von E an und für sich einen höheren Wert als bei großer Öffnung von E besitzt; es ist hiernach zu vermuten, daß die individuellen Differenzen sich am ehesten dort geltend machen, wo die stärkste Mitwirkung zentraler Faktoren stattfindet.

Erklärung der individuellen Differenzen. Man nimmt allgemein an, daß das normale, durch periphere Reize ausgelöste Sehen stets durch zentrale Verhältnisse mehr oder weniger mitbestimmt wird. Wir haben die Methode der vollständigen Reduktion eingeführt, um die Möglichkeit zu haben, Netzhautprozesse, welche heterogene Farbeneindrücke oder Oberflächenfarben sekundär verschiedener Erscheinungsweise auslösen, miteinander zu vergleichen. Erscheinen zwei heterogene Farbeneindrücke nach vollständiger Reduktion einander gleich, so haben wir anzunehmen, daß ihre Verschiedenheit vor der Reduktion ihre Ursache in einer Verschiedenheit gewisser ihnen entsprechender zentraler Faktoren hatte. Handelt es sich um Oberflächenfarben sekundär verschiedener Erscheinungsweise, die nach vollständiger Reduktion einander gleich erscheinen, so sind bei ihrer Betrachtung vor der Reduktion die peripheren Vorgänge

sicher, vielleicht auch die zentralen Faktoren in einem höheren Grade als bei „reduktionsgleichen“ heterogenen Farbeneindrücken einander gleichzusetzen, nämlich soweit dem Zustandekommen des Eindrucks „Oberflächenfarbe“ zentrale Prozesse bestimmter Art entsprechen. Gewisse zentrale Faktoren müssen aber auch bei ihnen verschieden sein, weil sie sich sonst überhaupt nicht für das Bewußtsein unterscheiden würden (G. E. Müllers 2. psychophysisches Axiom).[1] Nun haben wir gezeigt, daß Gleichungen, welche nach vollständiger Reduktion hergestellt worden sind, allgemeine Anerkennung finden. Da dies für Gleichungen zwischen Farbeneindrücken sekundär verschiedener Erscheinungsweise nicht zutrifft, so sind wir zu der Annahme gezwungen, daß für die verschiedenen Beobachter die Modifikation, welche die von der Netzhaut ausgehende Nervenerregung auf dem Wege zu den Stellen, an denen die den Farbeneindrücken entsprechenden psychophysischen Prozesse stattfinden, oder dort selbst erfährt, von verschiedener Art oder Größe ist. Nehmen wir die Ähnlichkeit, die für eine Vp. zwischen den farbigen Momenten einer nicht normal beleuchteten Oberflächenfarbe und ihrer vollständigen Reduktion besteht, zum Ausgangspunkt der folgenden Betrachtung, so gilt das eine wohl als sicher, daß diese Ähnlichkeit für einen Beobachter, bei dem die zentralen Faktoren eine größere Rolle spielen, geringer sein muß als für einen Beobachter, bei dem sich das Sehen mehr durch periphere Einflüsse bestimmt. Wollten wir im Hinblick auf die individuellen Verschiedenheiten, die sich bei unseren Versuchen mit Oberflächenfarben sekundär verschiedener Erscheinungsweise herausgestellt haben, von typischen Unterschieden der Farbenwahrnehmung sprechen, so läge es nahe, hier zu scheiden zwischen einem objektiven und einem subjektiven Typus, insofern bei dem einen die objektiv vorhandenen Netzhauterregungen das Sehen stärker bestimmen, während bei dem anderen diese objektiven Netzhauterregungen, von denen wir ja annehmen, daß sie für beide Typen gleich sind, mehr durch zentrale, „subjektive“ Faktoren verfärbt werden. An der Aufstellung dieser Typen hindert uns die Betrachtung der individuellen Differenzen unter einem anderen ebenso berechtigten Gesichtspunkt. Wir können nämlich auch fragen, welcher Erkenntniswert

[1] Müller I, S. 1.

und welche psychologische Leistung in den von den verschiedenen Beobachtern abgegebenen Urteilen steckt. Bei den Versuchen mit Oberflächenfarben sekundär verschiedener Erscheinungsweise sahen sich die Vpn vor die Aufgabe gestellt, eine Gleichung zwischen den Oberflächenfarben unter Abstraktion von ihren verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen einzustellen. Die psychologische Leistung ist also als die beste anzusehen, bei der in den Einstellungen die „eigentlichen“ Farben der verwendeten Papiere die stärkste Berücksichtigung finden. Und unter diesem Gesichtspunkt betrachtet wäre es allein richtig, die Vp., die in dieser Beziehung die beste Leistung aufweist, als Vp. von „objektivem Wahrnehmungstypus“ zu bezeichnen. Diese Leistung liegt aber in unseren Versuchen dann vor, wenn das Sehen in geringstem Grade durch die Netzhauterregungen bestimmt ist und die Beeinflussung durch zentrale Faktoren ihren Höhepunkt erreicht. Unter Erwägung dieser Tatsachen halten wir es für zweckmäßig, auf die Termini „objektiver“ und „subjektiver“ Typus der Farbenwahrnehmung zu verzichten. Käme es darauf an, einer Scheidung unserer Beobachter auf Grund ihres Verhaltens in terminologischer Beziehung überhaupt Ausdruck zu geben, so würden wir den Bezeichnungen „peripherer“ und „zentraler“ Typus der Farbenwahrnehmung den Vorzug geben. Denn ich glaube, daß mit diesen Bezeichnungen den bestehenden Tatsachen am besten Rechnung getragen wird, daß einmal das Sehen mehr durch periphere, das andere Mal mehr durch zentrale Faktoren beeinflußt wird. Nun bin ich aber der Ansicht, es müßte, damit man von typischen Unterschieden der Farbenwahrnehmung überhaupt sprechen kann, erst der Nachweis erbracht werden, daß mehr Bedingungen durch die individuellen Unterschiede erfüllt werden, als durch die individuellen Differenzen, die in unseren Versuchsresultaten zutage getreten sind, erfüllt sind. Es müßte durch eine Wiederholung der Versuche nach verschiedenen Zeiträumen entschieden werden, ob das Sehen eines Beobachters stets mehr durch zentrale oder durch periphere Faktoren bestimmt wird. Die relativ großen mittleren Variationen, die man bei unseren Versuchen erhält, lassen eher auf ein Schwanken zwischen stärkerer peripherer und stärkerer zentraler Bestimmung des Sehens schließen als auf ein dauerndes Vorherrschen der einen oder anderen Form. Weiterhin ist zu untersuchen, ob bei Heranziehung einer großen Anzahl von Beobachtern in der

„Verteilungskurve“ der erhaltenen Helligkeitsquotienten eine gewisse Gipfeligkeit zum Ausdruck kommt. Solange es an umfangreichen Versuchsreihen speziell über diese zwei Punkte mangelt, fehlt die Berechtigung, von t y p i s c h e n Unterschieden in der Wahrnehmung von Oberflächenfarben sekundär verschiedener Erscheinungsweise zu sprechen. Wir werden, wo es nötig ist, davon reden, daß bei diesem Beobachter das Sehen sich zur Zeit der Untersuchung mehr durch periphere, bei jenem mehr durch zentrale Faktoren bestimmt hat.

Wenn es die bei den Versuchen gefundenen individuellen Differenzen uns auch nicht gestatteten, zur Aufstellung verschiedener Wahrnehmungstypen zu schreiten, so bieten sie doch noch des Interessanten genug. Wir nehmen einmal an, daß die Funktionsweise der peripheren Einrichtungen des Sehorgans mit den bei der Geburt gegebenen Verhältnissen eindeutig bestimmt ist, daß indessen die zentralen Einflüsse in erster Linie durch Erfahrungen bestimmt werden, welche jedes Individuum im Laufe seines Lebens macht. (Auf eine Abgrenzung der angeborenen von den erworbenen Faktoren der Farbenwahrnehmung kommen wir im Abschnitt VI ausführlich zu sprechen.) Hiernach ist eine Erklärung für etwaige individuelle Differenzen gerade des durch zentrale Faktoren mitbestimmten Sehens von Farben nicht schwer zu finden. Denn es wird kaum vorkommen, daß zwei Individuen im Laufe ihres Lebens die gleichen optischen Erfahrungen machen, daß sie gleich oft und gleich lange unter denselben Beleuchtungsbedingungen den gleichen Oberflächenfarben gegenüber gestanden haben. Das würde nicht einmal genügen; denn da, wie teils bereits gezeigt wurde, teils sich später noch zeigen wird, auch durch andere als rein farbige Momente die zentralen Faktoren, die das Sehen mitbestimmen, angeregt werden können (Wahrnehmung räumlicher Verhältnisse, Oberflächenstruktur), so müßten diese Individuen auch für die in dieser Hinsicht in Betracht kommenden Verhältnisse die gleichen Erfahrungen gemacht haben. Aber auch damit wäre immer noch nicht genug geschehen, um völlige Gleichheit der zentralen Faktoren behaupten zu können. Man muß nämlich damit rechnen, daß auch noch das ursprüngliche individuelle Interesse sowie die Richtung der gewohnten Beobachtung große Unterschiede der Farbenwahrnehmung auf zentralem Wege veranlassen können. Man denke nur daran, wie verschieden z. B. ein Laie und der durch jahrelange Beobachtung

geübte Farbenpsychologe sich den gleichen Farben gegenüber verhalten werden; oder wie ganz anders wieder der Maler, der ein wesentlich anderes Interesse an der Betrachtung von Farben besitzt. „Er trägt nicht seine Gewohnheitsfarben (nach HERING Gedächtnisfarben) gleichsam in die Dinge hinein, sondern er gibt sich naiv dem augenblicklichen Eindruck hin.“ [1] Hier ist ein richtiger Gesichtspunkt angedeutet; indem dem Maler bei Betrachtung von Farben stets die Frage vorschwebt: wie müßte ich diesen Eindruck auf der Leinwand wiedergeben, übt er sich darin, die Farben auch ohne reduzierendes Verfahren so zu sehen, wie sie der Laie im allgemeinen erst nach der Reduktion empfinden wird.[2] Dies nur als kurze Rechtfertigung der Annahme, daß die Interessenrichtung bei der Betrachtung und Wahrnehmung von Farben von hoher Bedeutung sei. Ich glaube, das Angeführte wird genügen, um verständlich zu machen, wie aus der Verschiedenheit der individuellen Erfahrungen, soweit sie auf das Farbensehen überhaupt Einfluß gewinnen können, sowie aus der verschiedenen Einstellung der einzelnen Beobachter auf die Farben wesentlich verschiedene zentrale Faktoren als auf den Sehakt transformierend wirkende Niederschläge resultieren können.

Die Verschiedenheiten individueller Erfahrung können in individuellen Differenzen des Sehens erst dann zum Ausdruck kommen, wenn es sich um Vergleichung von Oberflächenfarben handelt, die unter v e r s c h i e d e n e n Beleuchtungsverhältnissen stehen. Solange dies nicht der Fall ist, solange die Oberflächenfarben unter denselben, wenn auch nicht normalen Beleuchtungsverhältnissen stehen, ist nicht zu erwarten, daß die Einstellungen der einzelnen Beobachter auf Gleichheit der Farben in irgendeiner Beziehung wesentlich voneinander abweichen (wir setzen hier natürlich voraus, daß bei allen Versuchen Beobachter von gleicher Farbentüchtigkeit zur Verwendung kommen). Unterschiede, die sich etwa hierbei ergeben, sind in erster Linie

[1] E. UTITZ. Grundzüge der ästhetischen Farbenlehre. Stuttgart 1908. S. 80.

[2] Vgl. hierzu S. EXNER. Entwurf zu einer physiologischen Erklärung der psychischen Erscheinungen. Leipzig u. Wien 1894. S. 242. „Bei verschiedenen Individuen werden sich an analoge periphere Erregungen ungleiche Rindenerregungen knüpfen. ... So ist es auch zu begreifen, daßein Maler „mit anderen Augen“ sieht als ein Holzknecht.“ Wir kommen auf die Farbenwahrnehmung des Malers im Anhang zu § 32 noch einmal zu sprechen.

auf Differenzen in der Unterschiedsempfindlichkeit der Beobachter zu beziehen. Wir bleiben ja bei diesen Versuchen gewissermaßen ganz im Subjektiven. Mögen zwei verglichene Farbeneindrücke in hohem Grade durch individuell erworbene Erfahrungen mitbestimmt werden, solange bei beiden die gleichen zentralen Faktoren mitwirken, werden die von der Netzhaut herkommenden beiden Erregungen dieselbe Beeinflussung erfahren. Es ist bekanntlich eine nicht von der Psychologie her zu entscheidende Frage, ob irgend zwei Individuen auf Grund desselben optischen Reizes die gleiche Farbenempfindung erhalten. Das letztere ist a priori nach unseren Ausführungen unwahrscheinlich, wenn dabei Farbeneindrücke, die eine starke Beeinflussung durch zentrale Faktoren erleiden, in Betracht kommen. Erst mit der Beziehung, die bei Herstellung von Gleichungen zwischen Oberflächenfarben sekundär verschiedener Erscheinungsweise auf Verhältnisse der Außenwelt (Vergleichung der eigentlichen Farben unter Abstraktion von den Beleuchtungsverhältnissen) gewonnen wird, vermögen sich die individuell verschiedenen Erfahrungen der einzelnen Beobachter in einer der Untersuchung zugänglichen Weise Geltung zu verschaffen.

Zusammenfassung: Dort, wo das Sehen durch zentrale Einflüsse mitbestimmt wird, geschieht dies bei verschiedenen Beobachtern in verschieden hohem Grade. Es bedarf noch einer näheren Untersuchung, ob diese Verschiedenheiten von einer solchen Art sind, daß man sie als typische bezeichnen darf. Die zutage tretenden individuellen Differenzen erklären sich in erster Linie durch die verschiedene Vergangenheit, welche die Vpn in optischer Beziehung hinter sich haben, insbesondere auch durch eine verschiedene Einstellung der Vpn gegenüber farbigen Eindrücken.

Nach meinen Untersuchungen über das Zeichnen der Kinder hielt ich es für sehr wahrscheinlich, daß im Gebiete des Raumsinnes, wo ja auch die endgültige Raumwahrnehmung durch periphere und zentrale Faktoren bestimmt wird, genau wie bei den Farben einmal mehr die peripheren, ein anderes Mal mehr die zentralen Faktoren die Raumwahrnehmung beeinflussen möchten. Ich fand diese Vermutung bei Versuchen über das Zeichnen gebildeter und ungebildeter Erwachsener bestätigt. Diese nicht veröffent-

lichten Beobachtungen finde ich in einer Arbeit W. POPPELREUTERS[1] bestätigt. P. unterscheidet bei seinen Vpn einen kritischen und einen naiven Typus; der erstere (mehr durch zentrale Faktoren bestimmte) zeichnet mehr nach der Zentralperspektive.

Bekanntlich hat MESSMER[2] bei Versuchen über das Lesen einen objektiven und einen subjektiven Typus des Lesens unterschieden. Mir scheint es so, als ließen sich gegen diese Scheidung auf Grund des bei MESSMER vorhandenen empirischen Materials dieselben Bedenken geltend machen, die uns davon abhielten, von einem subjektiven und objektiven Typus der Farbenwahrnehmung zu sprechen. Vorausgesetzt, daß die materialen Ausführungen MESSMERS zu Recht bestehen, was von F. SCHUMANN[3] bestritten worden ist, würde ich es vorziehen, zwischen einem zentralen und einem peripheren Typus des Lesens zu unterscheiden.

Es ist der messenden Untersuchung nicht zugänglich, wie weit hinsichtlich der Deutlichkeit, mit der die primären Erscheinungsweisen der Farben (Glanz, Raumhaftigkeit, Durchsichtigkeit usw.) zum Bewußtsein kommen, individuelle Verschiedenheiten vorkommen. Die Existenz solcher Verschiedenheiten wird für diejenigen primären Erscheinungsweisen wahrscheinlich gemacht, für die sich der Nachweis erbringen läßt, daß sie ein Produkt der individuellen Erfahrung sind. (Vgl. Abschnitt VI.)

Unsere Versuche und der Begriff der Wahrnehmungsillusion. Solange man nicht die Gesetzmäßigkeiten erkannt hat, welchen die Farbenwahrnehmungen, soweit sie unter der Mitwirkung starker zentraler Einflüsse zustandekommen, unterworfen sind, hat man die Tendenz, diese Farbenwahrnehmungen mehr als Curiosa der Wahrnehmung zu betrachten. In den Fällen, wo diese zentralen Einflüsse eine besondere Stärke erreichen, pflegt man sogar von Illusionen der Wahrnehmung zu sprechen, wie es z. B. SULLY tut. „Blicke ich in einem schwach erhellten Zimmer auf einen Bogen weißes Papier, so scheine ich seine Weiße zu sehen. Bringe ich ihn dagegen an das Fenster und lasse ihn zum Teil durch die Sonne beleuchten, so erkenne ich sofort, daß das, welches ich für weiß gehalten habe, ein entschiedenes Grau ist.“[4] Ich sehe davon ab, daß SULLY hierbei falsch beobachtet haben muß, insofern der bei dem von ihm angegebenen Experiment wirklich zu beobachtende Effekt

[1] W. POPPELREUTER. Über die scheinbare Gestalt und ihre Beeinflussung durch Nebenreize. Diss. Königsberg 1909. S. 27.
[2] Arch. f. d. ges. Psych. Bd. 2, 1901. S. 209.
[3] Ber. üb. d. 2. Kongr. f. exp. Psych. Leipzig 1907. S. 168 f.
[4] JAMES SULLY. Die Illusionen. Leipzig 1884. S. 83.

dem mitgeteilten direkt entgegengesetzt ist (das Papier wird nämlich bei der Beleuchtung durch die Sonne h e l l e r erscheinen); ich möchte an dem angeführten Versuch nur ausführen, daß es den Begriff der Illusion zu weit und unzweckmäßig fassen heißt, wollte man alle Farbenänderungen, die bei Beleuchtungswechsel eintreten, mit SULLY als Illusionen der Wahrnehmung bezeichnen. Nach der SULLYschen Auffassung wären fast alle unsere bisherigen Untersuchungen als Untersuchungen über Wahrnehmungsillusionen anzusprechen. Folgerichtig müßten wir erklären, daß bei der Betrachtung einer stark beschatteten weißen Fläche derjenige Beobachter der stärksten Illusion unterliegt, der sie als weiß bezeichnet. Meines Erachtens würde man bei diesem Vorgehen den wahren Sachverhalt direkt umkehren; denn einer Illusion über objektive Verhältnisse bin ich doch nur dann unterworfen, wenn ich zu einer falschen Auffassung derselben gelange, und hier kommt doch ohne Zweifel der der Erkenntnis des wahren Sachverhalts am nächsten, der die Farbe als Weiß bezeichnet.[1] Die nervösen Mechanismen, durch die unsere Erlebnisse von dem peripheren Reiz möglichst unabhängig gestaltet werden, dienen in unverkennbarer Weise gerade dem Zweck, Täuschungen über die objektiven Verhältnisse der Außenwelt zu verhindern. Es ist nicht schwer, die Motive aufzudecken, die dazu führten, in den angezogenen Fällen von Illusionen der Wahrnehmung zu sprechen. Man denkt dabei mehr oder weniger klar an die L i c h t - s t ä r k e n der N e t z h a u t b i l d e r. Schreibe ich dem Netzhautbild einer beschatteten weißen Scheibe die gleiche Lichtstärke zu wie dem einer qualitativ gleichen aber normal beleuchteten Fläche, so unterliege ich allerdings einem großen Irrtum. Aber die Lichtstärke eines Netzhautbildes entzieht sich bei der normalen Betrachtung überhaupt der Beobachtung und kann mit der eines anderen erst nach Anwendung bestimmter Maßnahmen, z. B. nach Reduktion, verglichen werden. Aber selbst

---

[1] Es ist hier für mich derselbe Gesichtspunkt bestimmend, der C. STUMPF dazu veranlaßte, gegenüber PANUM, welcher beim Erleben der scheinbaren Größe eine Täuschung mit im Spiele glaubte, zu erklären: „Täuschung jedoch möchte ich die durch Phantasie (d. h. zentrale Faktoren in unserem Sinne) veränderte Sinnesempfindung nicht geradezu nennen, wenigstens nicht, wenn man als Maßstab für die Richtigkeit die Objektivität annimmt.“ Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung. Leipzig 1873. S. 216.

wenn man die Verhältnisse nach der Reduktion zum Maßstab dessen machen wollte, ob der Beobachter mehr oder weniger treffend geurteilt hat, würde man vergessen, daß zirkumskripte Netzhauterregungen nie isoliert zentral zur Wirkung kommen, sondern zusammen mit den Wirkungen des gesamten Sehfeldes und beeinflußt durch die Konstellation, der gegenüber sich der Beobachter befindet; es liegt also, wie wir noch ausführlicher nachweisen werden (§ 37), in der Gesamterregung der Netzhaut begründet, ob ein Farbeneindruck diese oder jene Auffassung erfährt, während man bei den eigentlichen Illusionen der Wahrnehmung die Assimilation der zentripetalen Erregungen durch zentral reproduzierte Vorstellungselemente für wesentlich hält.[1] Wir werden finden, daß für die meisten der von uns behandelten Farbenphänomene die Erklärung nicht in der gleichen Weise durch zentral reproduzierte Vorstellungselemente gegeben werden darf (Abschnitt V). Jene eigentlichen Illusionen, zu denen beispielsweise das Verlesen gehört, zeichnen sich durch ihre Labilität aus; sie verschwinden bei größerer Aufmerksamkeit. Konzentration der Aufmerksamkeit hat einen gewissen Einfluß auf die zentral modifizierten Farbenwahrnehmungen, z. B. auf die Wahrnehmung beschatteter und belichteter Oberflächenfarben (s. § 18), sie bringt letztere aber nie zur vollständigen Reduktion oder auch nur zur Reduktion um eine Stufe (s. S. 177). Als eine Illusion der Wahrnehmung würde ich es bezeichnen, wenn die Gedächtnisfarbe (s. § 17) eines Objektes das farbige Sehen in dem Falle in ausschlaggebender Weise mitbestimmt, wo wir uns hinsichtlich des Trägers dieser Gedächtnisfarbe in einem Irrtum befinden. In solchem Grenzfall könnte man auch von der Reproduktion einer assimilierenden Vorstellung sprechen, aber es ist für diesen Fall auch bezeichnend, daß die dabei wahrgenommene Farbe durch Konzentration der Aufmerksamkeit völlig geändert werden kann. Daß wir einer Subsumption aller Fälle von Luftperspektive unter den Begriff der Illusion nicht, wie es zuweilen geschieht, das Wort reden, braucht nach vorstehenden Ausführungen kaum noch erwähnt zu werden.

---

[1] So W. Wundt. Phys. Psychol. 5. Aufl. Bd. 3, 1903. S. 529. Mit dem oben Ausgeführten soll nicht gesagt sein, daß nicht auch die bei den Assimilationen wirksamen Vorstellungselemente gelegentlich durch die Konstellation bestimmt werden.

§ 16. Wie wirkt eine Variation der Betrachtungszeit auf das durch zentrale Faktoren beeinflußte Farbensehen?

Versuche mit längeren Zeiten. Betrachte ich eine Oberflächenfarbe normaler Beleuchtung unter Verwendung einer tachistoskopischen Einrichtung einmal eine längere, ein anderes Mal eine kürzere Zeit, so vermag ich — gehe ich nur nicht zu kürzesten Zeiten hinunter — eine Beeinflussung der wahrgenommenen Qualität der Oberflächenfarbe durch die verschieden lange Betrachtungszeit nicht zu konstatieren. Bei den kürzeren Zeiten zeigen die Farben dasselbe Gesicht wie bei den längeren oder auch wie bei beliebig langen Zeiten. Oberflächenfarben, die sich unter einer nicht-normalen Beleuchtung finden, verraten in dieser Beziehung ein anderes Verhalten. Auch die oberflächliche Betrachtung lehrt, daß sie ihr Aussehen mit der Betrachtungszeit ändern. Die Richtung, nach der sich der Einfluß der Betrachtungszeit äußert, ist dieselbe, gleichgültig, ob man von den Versuchen über Lichtperspektive, den Episkotisterversuchen oder von denen mit Beschattung und Belichtung ausgeht. Überall, wo das Sehen unter starker Beteiligung zentraler Faktoren zustandekommt, übt die Betrachtungszeit einen Einfluß auf die Farbenwahrnehmung aus und zwar verstärkt in allen Fällen eine Verlängerung der Betrachtungszeit innerhalb gewisser Grenzen den Einfluß der zentralen Faktoren. Es genügte zunächst, Versuche über den Einfluß der Betrachtungszeit für eine Versuchsgruppe durchzuführen. Wenn wir hierfür die beschatteten Oberflächenfarben wählten, so ließen wir uns von einer theoretischen Erwägung und von technischen Rücksichten bestimmen. Je labiler der Charakter eines psychischen Zustandes oder Vorganges ist, desto leichter werden sich deren Zustandekommen hemmende Maßnahmen (in unserem Falle Verkürzung der Betrachtungszeit) in ihrem Einfluß auf den Zustand oder Vorgang geltend machen. Die Wahrnehmung beschatteter Oberflächenfarben zeigt nun einen labileren Charakter als die Wahrnehmung der Farben, die wir bei Lichtperspektive oder bei Episkotisterversuchen antreffen. Dies der theoretische Gesichtspunkt dafür, daß wir die Betrachtungszeit bei beschatteten Ober-

flächenfarben änderten. Folgender Gesichtspunkt ist technischer Natur. Um den Einfluß einer verschieden langen Betrachtungszeit zu erkennen, muß man natürlich wieder zur Herstellung von Farbengleichungen schreiten. Es ist stets mißlich, zu einer sukzessiven Exponierung zweier zu vergleichender Farben überzugehen, wenn nicht zwingende Gründe dafür vorliegen. Für die Erfassung der Farbe zweier Scheiben innerhalb kurzer Zeiten ist es natürlich am günstigsten, wenn während derselben möglichst wenig Augenbewegungen ausgeführt zu werden brauchen. Die Anordnung für unsere Versuche über Lichtperspektive macht solche weit ausholende Augenbewegungen nötig. Die monokulare Betrachtung der Scheiben bei den Episkotisterversuchen erschwert bei tachistoskopischer Exponierung eine gute Fixierung der Scheiben, scheidet auch schon wegen der Sukzession der Eindrücke aus. Auch in technischer Beziehung war also die Anordnung für Beschattung als die für unseren Versuchszweck geeignetste anzusehen. An Labilität des Eindrucks stehen belichtete Oberflächenfarben den beschatteten nicht nach, sie eignen sich aber aus technischen Gründen (s. S. 175) nicht für den vorliegenden Versuchszweck.

Unsere Versuchsanordnung III (s. S. 119) wird durch eine tachistoskopische Einrichtung ergänzt. Vor dem Doppelschirm, der natürlich bei den tachistoskopischen Versuchen dauernd hinaufgeschoben bleibt, befindet sich ein nach den Angaben G. E. Müllers konstruierter Doppelfallschirm. Dieser Apparat besitzt zwei Pappschirme, welche so angeordnet sind, daß sie, durch zwei Elektromagnetpaare hochgehalten, das zu exponierende Objekt zunächst verdecken. Fällt bei Öffnung des Stromkreises, welcher das eine Elektromagnetpaar versorgt, der eine Schirm, so wird das Objekt exponiert und bleibt solange sichtbar, bis der Stromkreis des anderen Elektromagnetpaares geöffnet wird und infolgedessen der zweite Schirm herabfällt. Die beiden Elektromagnetpaare sind mit den Kontakten eines Kontaktpendels verbunden, von denen aus der sie erregende Strom geöffnet und geschlossen werden kann. Die Expositionszeiten wurden durch Verstellung der Kontakte variiert. Die Eichung des Kontaktpendels geschah mit Hilfe des Hippschen Chronoskops. Es wurde mit 4 Expositionszeiten gearbeitet, $t_1 = 0{,}6$; $t_2 = 1{,}1$; $t_3 = 1{,}7$; $t_4 = 3{,}4$ sec. Die ständig beibehaltene Beschattung entsprach der in den A-Versuchen (S. 164 ff.) vorhandenen. Das Verfahren gleicht dem

in jenen Versuchen beobachteten vollständig. Auch die Bezeichnungen verwenden wir in ganz gleicher Weise.

Vp. Herr Oberlehrer WILHELM (V). Scheibe $B_2 = 360^0$ W. $n = 6$.[1]

		Wert I	Scheibe	B_1	=	$27{,}6^0$ W[2]
Betrachtungszeit	t_1	Wert II	„	B_1	=	$38{,}5^0$ „
„	t_2	„ II	„	B_1	=	$56{,}4^0$ „
„	t_3	„ II	„	B_1	=	$61{,}4^0$ „
„	t_4	„ II	„	B_1	=	$77{,}4^0$ „

Die Zeit t_4 war so groß, daß die Vp. meist nicht ihre ganze Dauer für die Betrachtung der Scheiben verwandte, sondern mit ihrem Urteil schon vor Ablauf derselben fertig war. Sie konnte aber, wie sie sich ausdrückte, bei diesen langen Zeiten „ihr Urteil noch einmal an der Anschauung kontrollieren". Bei den Zeiten t_1 und t_2 war dies natürlich ausgeschlossen, weshalb dieselben auch als unangenehm kurz bezeichnet wurden. Wie die Verteilung der Gesamtdauer der Betrachtungszeit auf die beiden Scheiben stattfand, vermag ich nicht genauer zu sagen. Die Scheibe B_2 dürfte wohl stets einen größeren Teil derselben für sich in Anspruch genommen haben, weil sie die interessantere war.

Bevor wir in eine Diskussion der speziellen Resultate eintreten, seien zwei mögliche Einwände abgewiesen. Der erste ist allgemeinerer Art. Eine Verkürzung der zur Verfügung stehenden Betrachtungszeit muß auf die Güte aller Farbenvergleichungen einen ungünstigen Einfluß ausüben. Stellt man zwischen zwei Farbeneindrücken, die sich unter gleichen Beleuchtungsbedingungen befinden, Gleichungen bei verschieden langer Betrachtungszeit her, so hat man mit einer Zunahme der Streuung bei kürzeren Zeiten zu rechnen. Doch darf man annehmen, daß die Mittelwerte der Einstellungen keine wesentliche Verschiebung erfahren werden, solange nicht farbige Momente, die zu Nebenvergleichen verführen, mit der Zeit in verschieden starkem Maße hervortreten. Man kann erwarten, daß bei kürzerer Betrachtungszeit die Verschiebungen der einzelnen Einstellungen nach der einen und der anderen Seite von der bei bequemer Betrachtungszeit vorhandenen Einstellung ungefähr in gleichem

[1] Wegen des kleinen n verzichte ich auf Mitteilung einer mittleren Variation.

[2] Unter Berücksichtigung der W-Valenzen der bunten Papiere. Vgl. S. 168.

Grade und mit gleicher Häufigkeit eintreten. Bei unseren Versuchen hat sich dagegen zwischen den vier einzelnen Hauptwerten II eine deutliche Differenz ergeben, und diese Differenzen gehen in allen Fällen nach derselben Richtung. Sie lassen sich also nicht damit erklären, daß die Beobachtungsbedingungen im allgemeinen bei den kürzeren Zeiten ungünstiger gewesen seien als bei den längeren Zeiten. Man könnte weiter gegen unsere Resultate einwenden, daß für die Verschiedenheit der Werte II nicht die Änderungen, welche die beschattete Scheibe bei Variation der Betrachtungszeit erleidet, sondern Änderungen, welche die normal beleuchtete Scheibe dabei treffen, verantwortlich zu machen seien. Von Veränderungen, welche normal beleuchtete Oberflächenfarben mit einer Variation der Betrachtungszeit erfahren können, kämen hier nur solche in Betracht, die man als Folgen des Anstiegs ihrer Erregung bezeichnet. Der Anstieg der Erregung vollzieht sich aber so rasch, daß an Veränderungen des Eindrucks infolge desselben auch für die kleinste der hier verwendeten Betrachtungszeiten bestimmt nicht gedacht werden darf.[1] Übrigens überzeugt man sich unmittelbar durch Versuche, daß man mit der Betrachtungszeit noch weit unter t_1 heruntergehen kann, ohne daß man irgendeine Änderung des farbigen Eindrucks von B_1 beobachten kann. Mit der beschatteten Scheibe ergeben solche orientierende Versuche ganz andere Resultate. Da für den Anstieg der der beschatteten Scheibe entsprechenden retinalen Erregung dieselben Gesetze maßgebend sein müssen wie für den Anstieg der der normal beleuchteten Scheibe entsprechenden Erregung, so halten wir uns für berechtigt, in unseren numerischen Resultaten einen Ausdruck für diejenigen Änderungen zu sehen, welche die Scheibe B_2 mit der Variation der Betrachtungszeit auf zentralem Wege erleidet.

Diskussion der Resultate. Die Beobachtungsverhältnisse, wie sie bei t_4 vorliegen, kommen denjenigen der früheren A-Versuche (Vpn R u. U) am nächsten. Dort betrug die Betrachtungszeit ca. 3 sec. Innerhalb solcher Zeiten kann die Vp. in aller Ruhe die beiden Scheiben vergleichend beurteilen. Wir bilden hier wie früher die Helligkeitsquotienten H und Q.

---

[1] Vgl. hierzu W. Mc Dougall. The variation of the intensity of visual sensation with the duration of stimulus. The British Journal of Psychology Bd. 1, 1904/05, S. 151.

Wir erhalten für H $\frac{82,1}{360} = 0,23$, für Q $\frac{82,1}{33,1} = 2,5$. Es fällt uns auf, daß diese Quotienten bedeutend niedriger ausfallen als die entsprechenden der früheren Beobachter, was in erster Linie auf die geringere Beschattung von B_2 zurückzuführen sein dürfte (vgl. die Werte I). Wir bilden die H- und Q-Werte für die bei den verschiedenen Betrachtungszeiten erhaltenen Werte und stellen sie zusammen

	t_4	t_3	t_2	t_1
H-Werte	0,23	0,19	0,17	0,12
Q-Werte	2,5	2,0	1,9	1,3

Die H- und Q-Reihen weisen bei dieser Anordnung deutlich abfallende Werte auf. Mit abnehmender Betrachtungszeit geht die Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse zurück, die Aufhellung durch das innere Auge nimmt ab.

Vp. Herr Dr. Westphal (K). Die Versuchsbedingungen sind die gleichen wie in der vorigen Reihe.

		Wert	I	Scheibe	B_1	=	9,6° W
Betrachtungszeit	t_1	„	II	„	B_1	=	41° „
„	t_2	„	II	„	B_1	=	51,8° „
„	t_4	„	II	„	B_1	=	56,4° „

	t_4	t_2	t_1
H-Werte	0,17	0,16	0,13
Q-Werte	4,0	3,7	3,0

Die Aufhellung durch das innere Auge für alle drei Betrachtungszeiten ist hier durchweg viel stärker als bei Vp. V (wohl hauptsächlich wegen der stärkeren Beschattung von B_2. Vgl. die Werte I). Hinsichtlich des Abfalls der H- und Q-Werte von t_4 nach t_1 ergibt sich ein ähnliches Bild.

Vp. Herr Hofmann (P). Die Versuchsbedingungen sind die gleichen wie in der vorigen Reihe.

		Wert	I	Scheibe	B_1	=	9,3° W
Betrachtungszeit	t_1	„	II	„	B_1	=	76,4° „
„	t_2	„	II	„	B_1	=	85,9° „
„	t_4	„	II	„	B_1	=	92,9° „

	t_4	t_2	t_1
H-Werte	0,27	0,25	0,23
Q-Werte	6,5	6,0	5,4

Unsere Ergebnisse besagen: mit kleiner werdendem t geht die

Aufhellung der Farbeneindrücke durch zentrale Faktoren bei allen Beobachtern zurück; die Größe dieses Rückganges unterliegt beträchtlichen individuellen Verschiedenheiten.

Quantitative Reduktion. Insofern bei einer Verkürzung der Betrachtungszeit der Eindruck einer beschatteten Scheibe sich mehr durch die peripheren Faktoren bestimmt, können wir auch die Verkürzung der Betrachtungszeit als ein reduzierendes Verfahren bezeichnen. Bemerkenswert für dieses reduzierende Verfahren ist es, daß dabei der Eindruck der „beschatteten" Scheibe erhalten bleibt, nur gelingt die Trennung von „Schatten" und Oberflächenfarbe nicht mehr in dem Maße wie bei längeren Betrachtungszeiten. Die Oberflächenfarbe verliert nicht wie bei der stufenweisen Reduktion den Charakter der Beschattung. Wir wollen in diesem Fall von einer quantitativen Reduktion sprechen. Ich hielt es nicht für nötig, dieses neue reduzierende Verfahren in exakt messender Weise auch auf andere Farbeneindrücke anzuwenden, bei denen eine Beeinflussung durch zentrale Faktoren statthat. Daß es auch für diese Fälle in dem Sinne wirkt, die zentralen Faktoren zurücktreten zu lassen, ergibt schon eine oberflächliche Erprobung.

Versuche mit sehr kurzen Betrachtungszeiten. Die für die Betrachtungszeiten t_4—t_1 erhaltenen Werte II bildeten in unseren Versuchen abfallende Wertreihen. Es erhebt sich natürlich nach dieser Feststellung die weitere Frage, welche Werte man bei einer weiteren Verkürzung der Betrachtungszeit erhält. Es ist a priori anzunehmen, daß bei weiterer Verkürzung einmal eine Grenze erreicht wird, über die hinaus sich der Eindruck der beschatteten Scheibe nicht weiter ändert. Die Helligkeit der beschatteten Scheibe kann nie unter die Helligkeit des Eindrucks heruntergehen, den die beschattete Oberflächenfarbe nach vollständiger Reduktion machen würde, oder um in unserer Angabe genauer zu sein — es ist ja bei sehr starker Verkürzung der Betrachtungszeit der beschatteten Scheibe noch mit der durch den Anstieg der Erregung bedingten Änderung des Farbeneindrucks zu rechnen — sie kann niemals unter die Helligkeit desjenigen Eindrucks hinuntergehen, den eine gleich intensive Strahlung beliebiger Herkunft bei gleich kurzer Expositionszeit machen würde. Es fragt sich aber sehr, ob diese Grenze wirklich erreicht wird. Wir müssen bei den folgenden Versuchen

zu sehr kurzen Betrachtungszeiten übergehen. Da es unmöglich ist, während derselben mit dem Blick von der einen Scheibe zur anderen zu wandern, so blieb uns nichts anderes übrig, als zur sukzessiven Darbietung der beiden Scheiben überzugehen. Etwaige Nachteile des Verfahrens müssen wir eben dabei in Kauf nehmen. Doch ist zu bedenken, daß wir bestimmte Urteilstendenzen, die etwa durch die sukzessive Darbietung hervortreten, dadurch in ihrem Einfluß fast unschädlich machen können, daß wir die sukzessive Darbietung für alle Konstellationen einführen, deren Ergebnisse wir überhaupt miteinander vergleichen wollen.

In einer Entfernung von B_2, aus der für gewöhnlich die beschattete Scheibe betrachtet wird, steht ein photographischer Momentverschluß, der eine solche Schlitzbreite besitzt, daß man, mit der Stirn ihn fast berührend, bequem durch ihn hindurch binokular die beschattete Scheibe betrachten kann. Es ist durch Aufstellung einer Pappe dafür gesorgt, daß man beim Hindurchblicken durch den Momentverschluß nur B_2 zu Gesicht bekommt. Stets wurde zuerst die beschattete Scheibe während der gewählten Zeit betrachtet, darauf die normal beleuchtete (resp. die normal beleuchteten, s. S. 205), deren Betrachtungszeit n i c h t beschränkt war. Ein Versuch wurde nur dann wiederholt, wenn der Beobachter aus einem triftigen Grunde die beschattete Scheibe mit dem Blick nicht hatte erfassen können. Die Betrachtungszeiten wurden durch Änderung der Federspannung und der Schlitzhöhe des Momentverschlusses variiert. Mit Hilfe desselben konnten Zeiten von 0,05—0,0005 sec. hergestellt werden.

Auf Expositionszeiten zwischen 0,05 sec. und 0,6 sec. (die kürzeste mit dem Doppelfallschirm hergestellte Zeit) mußte ich verzichten, da hierbei Doppelfallschirm und Momentverschluß versagten. (Tachistoskope nach dem Prinzip des SCHUMANNschen[1] erlauben bei direkter Betrachtung des exponierten Objektes nur m o n o k u l a r e Betrachtung.) Die Ablesungen der Expositionszeiten unseres Momentverschlusses fanden an einer Skala des Verschlusses statt. Versuche, die ich anstellte, um zu prüfen, wie weit die wahren Expositionszeiten mit den auf der Skala angegebenen übereinstimmten, nahm ich in der Weise vor, daß ich ermittelte, bei welcher Schlitzbreite Scheiben mit schwarzen und weißen Sektoren, die mit bekannter Geschwindigkeit rotierten, eben noch als ruhend gesehen wurden.

---

[1] Beschrieben im Bericht üb. d. 1. Kongr. f. exp. Psych. Leipzig 1904. S. 34.

Sie ergaben, daß man sich im wesentlichen auf die Skalenwerte verlassen konnte. Auf absolute Genauigkeit kam es bei diesen an und für sich sehr kurzen Zeiten nicht an.

Als ich mit den Versuchen in der angegebenen Weise begann, ergab sich eine große Schwierigkeit, auf der Scheibe von variabler Helligkeit nach der Grenzmethode eine Farbe, welche der Farbe der kurz exponierten Scheibe gleich war, einzustellen. Das Schwankende des Eindrucks, mit dem man bei tachistoskopisch gegebenen Sinneseindrücken stets zu rechnen hat, machte sich in einem solchen Grade bemerkbar, daß dabei der Vorzug des Grenzverfahrens, Durchsichtigkeit der Versuche zu garantieren, wegen der ständigen Über- und Unterschreitungen der Grenzen ganz illusorisch wurde. Bei Einstellung auf Unentschiedenheit bedurfte es sehr langen Probierens, ohne daß die Vp. schließlich wenigstens von der Einstellung befriedigt gewesen wäre. Mit einem anderen Verfahren gelangte ich eher zu dem Ziele, eine ungefähre Kenntnis von der qualitativen Seite der Versuche zu erhalten. Nach Exposition der beschatteten Scheibe bot ich der Vp. meine oben (S. 81) beschriebene Skala tonfreier Farben in normaler Beleuchtung dar und ließ die auf der beschatteten Scheibe beobachtete Farbe einem Glied der Skala zuordnen oder, falls sich dies als nicht möglich erwies, zwischen zwei Glieder derselben einordnen. Dieser Aufforderung vermochten die Vpn, wie sie angaben, leicht nachzukommen, erklärten sich überhaupt von diesem Verfahren sehr befriedigt. Trotzdem verhehle ich mir nicht, daß dieses Verfahren berechtigten methodischen Bedenken ausgesetzt ist, vor allem dem, daß die Vp., um nicht mit ihren früheren Aussagen in Widerspruch zu geraten, sich die einmal angegebene tonfreie Farbe merken und bei wiederholten Versuch nicht davon abgehen wird. Dieses Bedenken trifft allerdings Versuche, die es nicht auf genaue quantitative Messungen abgesehen haben und bei denen die Versuchszahl klein ist (was beides für meine Versuche zutrifft), weniger. Der Frage, die uns hier in erster Linie interessierte, wie weit sich die Helligkeit der beschatteten Scheibe bei kürzesten Expositionen der Helligkeit der Scheibe nach ihrer vollständigen Reduktion nähert, erwächst bei unserem Verfahren eine so bestimmte Antwort, daß die Größenordnung der erhaltenen Werte durch Korrekturen, die sich als eine Folge der Mangelhaftigkeit des Verfahrens als notwendig erweisen könnten, nicht in Frage gestellt wird.

Bei der kürzesten der mit dem Momentverschluß einstellbaren Expositionszeiten, einer Zeit von 0,0005 sec., wurde von der beschatteten Scheibe überhaupt nichts wahrgenommen. Auch bei der nächst größeren Zeit (0,0017 sec.) konnte sie nicht immer gesehen werden. Dies ist z. T. darin begründet, daß kein Fixierpunkt vorhanden war und Augenbewegungen sich bei diesen kurzen Zeiten nicht ausführen ließen. Es war nicht möglich, bei unserer Anordnung einen Fixierpunkt anzubringen. In erster Linie dürfte aber die Lichtschwäche der beschatteten Scheibe sowie ihr schwacher Kontrast zum Hintergrund ihre Wahrnehmbarkeit ausgeschlossen haben. Helle Objekte werden nämlich bei genügend starkem Kontrast zum Hintergrund selbst bei der kürzesten Expositionszeit (0,0005 sec.) stets wahrgenommen. Auch ohne Fixierpunkt gewöhnen sich die Vpn bald daran, bei Zeiten von 0,0036 sec. an die beschattete Scheibe fast bei jeder Exposition zu erfassen. Augenbewegungen sind bei Expositionszeiten von 0,0036 bis 0,05 sec. nicht ausführbar. Trotzdem sind die Fälle selten, in denen bei diesen Zeiten die beschattete Scheibe nicht erfaßt wird.

Resultate. An den Versuchen waren vier Beobachter beteiligt. Sofern in den Versuchen mit 0,0017 sec. überhaupt die Wahrnehmung der beschatteten Scheibe eintrat, schwankten die Vpn bei der Zuordnung zu den Gliedern der 18-gliedrigen Skala zwischen folgenden mit Zahlen bezeichneten Gliedern.[1]

Dr. Westphal (K) 9—12. Maibaum (Ma) 8—11. Busemann (B) 7—8. Dr. Katz (E) 9—11.

Ich hatte für alle Vpn die Beleuchtungsintensität der beschatteten Scheibe so reguliert, daß sie nach vollständiger Reduktion einem normal beleuchteten Tuchschwarz (Helligkeitswert 6° W) annähernd gleich erschien. (Von der Verschiedenheit in der Buntheit der verglichenen Farben ließ ich absehen, was auch weiter keinen Schwierigkeiten begegnete.) Aus diesem Grunde lassen sich die erhaltenen Werte der verschiedenen Beobachter leicht miteinander vergleichen. Da es uns darauf ankommt, die Grenze zu ermitteln, bis zu der überhaupt bei kürzester Betrachtungs-

[1] Ich habe die Glieder der Skala mit den Zahlen 1—18 bezeichnet; ihre Kreiselwerte sind folgende: 1. 6° 2. 9,8° 3. 15° 4. 24,6° 5. 33,5° 6. 40,5° 7. 50,8° 8. 64° 9. 79,8° 10. 95,5° 11. 114,2° 12. 153,5° 13. 185° 14. 219,4° 15. 258,9° 16. 289,2° 17. 326,7° 18. 360° W.

zeit eine beschattete Scheibe sich in bezug auf die Helligkeit ihrem Helligkeitswert nach vollständiger Reduktion anzunähern vermag, so wollen wir in der Diskussion zunächst einmal den bei jeder Vp. vorgekommenen niedrigsten Wert herausgreifen. Wenn wir die Helligkeitswerte unserer Skalenpapiere einsetzen, so ergeben sich folgende H- und Q-Werte.

	K	B	Ma	E
H-Werte	0,27	0,14	0,18	0,27
Q-Werte	15,9	8,4	10.7	15,9

Das Resultat muß einigermaßen überraschen.[1] Bei allen Vpn hat eine deutliche Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse stattgefunden, und die Aufhellung durch zentrale Faktoren unter den gegebenen Bedingungen ist sogar als ganz beträchtlich zu bezeichnen. Um gewissermaßen eine Probe anzustellen, führte ich noch folgenden Versuch aus. Ich ließ die Vpn die Helligkeit des Gliedes Nr. 1 unserer Skala, welches annähernd dieselbe Lichtstärke besitzt wie die beschattete Scheibe, bei bequemer Betrachtungszeit einprägen und exponierte darauf die beschattete Scheibe während 0,0017 sec. Stets wurde sie als beträchtlich heller bezeichnet. Aus den Versuchen folgt also der Satz: Selbst bei einer Expositionszeit, die so kurz ist, daß eben noch eine Wahrnehmung der beschatteten Scheibe möglich ist, findet eine als ganz beträchtlich zu bezeichnende Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse statt. Die eintretende Farbenempfindung übertrifft an Helligkeit die der beschatteten Scheibe nach vollständiger Reduktion ganz beträchtlich. Was die Resultate für die übrigen Expositionszeiten angeht ($^1/_{20}$, $^1/_{48}$, $^1/_{110}$, $^1/_{160}$ sec.), so sei gesagt, daß eine Variation der Expositionszeit innerhalb dieser Grenzen sich ohne erkennbaren Einfluß für Vp. K zeigte, daß aber für die übrigen Beobachter unverkennbar mit größer werdender Zeit eine geringe Aufhellung der beschatteten Scheibe eintrat. Da sich unser Verfahren nicht für Ermittlung genauer Zahlenwerte eignete, so verzichte ich auf eine Angabe einzelner Werte. Für die Zeiten zwischen 0,05 und 0,6 sec. haben wir leider

[1] Wir sehen bei diesen Versuchen von den individuellen Differenzen ab, die hinsichtlich ihrer Größenordnung nichts Neues bieten.

den Gang der Resultate mangels brauchbarer Expositionsvorrichtungen nicht verfolgen können, es ist aber durchaus nicht einzusehen, warum in diesem Zwischengebiet irgendeine Unstetigkeit vorhanden sein sollte. Wir können aus unseren Versuchen schließen, daß mit Abnahme der Betrachtungszeit von 5,4 sec. bis zu einer solchen, bei der man eben noch die beschattete Scheibe erfassen kann, ein Zurücktreten der zentralen Faktoren stattfindet. Aber — wird man einwenden — dem widersprechen die Versuchsergebnisse von K, der einzigen Vp., von der wir die Resultate für eine Betrachtungszeit von 0,6 sec. und für die kleinste von uns verwandte Zeit erhalten haben. Während bei dieser kleinsten Zeit der Wert von Q = 15 ist, beträgt er für t = 0,6 sec. nur 3. Zu diesem Widerspruch ist zu bemerken: Die verschiedenen Beleuchtungsintensitäten, die in beiden Fällen für die beschatteten Oberflächenfarben vorhanden waren, gestatten nicht einen unmittelbaren Vergleich. Q fällt unter sonst gleichen Bedingungen erwiesenermaßen um so größer aus, je stärker die vorhandene Beschattung ist. Ein Maß für letztere haben wir in den Reduktionswerten der beschatteten Scheibe. Der Reduktionswert beträgt in den Versuchen mit t = 0,6 sec. 15,6° W, in den Versuchen mit t = 0,0017 sec. 6° W. Diese Verschiedenheit allein würde also schon dahin wirken, Q letzteren Falles beträchtlich größer ausfallen zu lassen. Es kommt aber noch ein anderer Faktor hinzu, der bei den Versuchen in gleicher Richtung wirkt. Die Versuche fallen ganz anders aus, wenn man wie beim Verfolg der Grenzmethode nur e i n e Farbe zum Vergleich bietet oder gleichzeitig eine ganze Skala von Farben, was in den Versuchen mit kleinem t der Fall war. Letzterer Umstand hat zur Folge, daß eine viel hellere Farbe der beschatteten zugeordnet wird. Über diesen interessanten Punkt, auf den wir schon einmal (S. 109) verwiesen haben, werden wir noch besondere Versuche anstellen. Ich bin der Ansicht, daß der Widerspruch durch Berücksichtigung dieser beiden Momente seine Lösung findet.

Es bleibt noch übrig, den Widerspruch zu erklären, der sich zwischen den Ergebnissen der hier mitgeteilten Versuche und den gelegentlichen Aussagen der Vpn herausgestellt hat, die zur Abfassung der Anmerkung auf S. 4 meiner früheren Mitteilung Veranlassung gaben. Dort wollten die Beobachter mit der Verlängerung der Betrachtungszeit eine Veränderung der beschatteten Scheibe beobachtet haben, die man nur durch ein Z u r ü c k-

treten der zentralen Einflüsse erklären könnte.[1] Eine Wiederholung der Versuche mit längeren Betrachtungszeiten ergab nun jetzt, daß eine solche Änderung nicht mehr konstatiert werden konnte, sofern nur — und das ist wesentlich — die Betrachtungsweise der Farben nicht geändert wird. Betrachtet man eine Oberflächenfarbe nicht-normaler Beleuchtung längere Zeit, so schleicht sich leicht ein „kritisches"[2] Verhalten ein. Die Folge eines solchen kritischen Verhaltens ist aber, wie wir weiterhin (§ 18) zeigen werden, ein Zurücktreten zentraler Faktoren. Es verrät sich schon in der äußeren Haltung des Beobachters, daß er sich den Farben gegenüber auch innerlich anders verhält. Er hält den Kopf schief oder lehnt ihn zurück, kneift die Augen zusammen oder betrachtet abwechselnd monokular[3] und binokular. Es ist sehr wahrscheinlich, daß in meinen früheren Versuchen die kritische Verhaltungsweise beobachtet worden ist und die Vpn zu den hier in Rede stehenden Aussagen veranlaßt hat, da ich erst in den späteren Versuchen die Vorschrift mit in die Instruktion aufnahm, auch bei längerer Betrachtungszeit sich dem Eindruck der Oberflächenfarben möglichst unbefangen und wie bei der Betrachtung von Farben im Leben hinzugeben. Mit Bestimmtheit kann ich die die früheren Versuche betreffende Angabe allerdings nicht machen, da ich in jenen Versuchen auf das Verhalten der Vpn nicht so sehr geachtet habe.

Wie hat man sich das Zurücktreten der Wirkung der zentralen Faktoren infolge der Verkürzung der Betrachtungszeit zu denken? In unseren Resultaten die Wirkung einer peripheren Umstimmung zu sehen, geht nicht an sowohl in Anbetracht der Größenordnung der Unterschiede, die wir bei verschiedenem t erhalten haben als auch in Anbetracht der großen individuellen Differenzen. Um den eigentlich wirksamen Faktor zu ermitteln, gehen wir von der Tatsache aus, daß selbst bei der kürzesten Expositionszeit die beschattete Scheibe viel heller als nach ihrer Reduktion erscheint. Wir müssen also annehmen, daß das Inkrafttreten derjenigen zentralen Faktoren, welche die Auffassung einer Oberflächen-

[1] „Eine länger dauernde Betrachtung macht sich dahin geltend, den Einfluß der Gedächtnisfarbe zurücktreten zu lassen".

[2] Wir werden das „kritische" Verhalten unten (§ 18) genauer definieren.

[3] Vgl. hierzu die Versuche des § 19.

farbe als einer beschatteten veranlassen, für das Bewußtsein vollkommen gleichzeitig, wenn auch nicht mit ihrer vollen Stärke, mit der Wahrnehmung jener Oberflächenfarbe selbst erfolgt. Also selbst unter Bedingungen, die, wie die größtmögliche Verkürzung der Betrachtungszeit, die Auffassung farbiger Verhältnisse in höchstem Grade erschweren, werden die Oberflächenfarben doch zugleich mit ihren relativ komplizierten Beleuchtungsverhältnissen der Beschattung aufgefaßt, ohne daß man sich irgendwelcher diese Auffassung vermittelnder Vorstellungen bewußt würde. Das zeugt davon, wie sicher sich der nervöse Mechanismus, welcher der Modifikation zentripetaler Erregungen dient, betätigt. Eine Bestätigung dieses Sachverhaltes liegt auch in einigen weiteren Beobachtungen mit dem photographischen Momentverschluß, die ich hier mitteile, da sie mir in der Erklärung unserer Versuche weiterzuführen scheinen. Sehe ich durch den Momentverschluß auf die normal beleuchtete oder vom Sonnenlicht getroffene Straße, so werden die Gegenstände mit ihrer besonderen Beleuchtung (Beschattung und Belichtung) noch aufgefaßt, wenn ich mit der Betrachtungszeit bis auf 0,0005 sec. hinuntergehe.[1] Es ist bemerkenswert, daß selbst bei äußerst kurzer Betrachtung sich das Bewußtsein einer bestimmten Beleuchtung simultan mit der Wahrnehmung der Oberflächenfarben der Objekte einstellt und zwar annähernd der Eindruck der Beleuchtung, der sich auch bei längerer Betrachtung zeigt. (Günstig für die Wahrnehmbarkeit der Beleuchtung wirkt hier neben der größeren Lichtstärke des Gesichtsfeldes der Umstand, daß sich ein größerer Ausschnitt der Umgebung im Gesichtsfeld darbietet; vgl. § 30.) Was uns hier an dieser Beobachtung interessiert, ist die Tatsache, daß sich der Charakter des betrachteten Ausschnittes bei kürzester Betrachtungszeit in gewisser Weise geändert hat. Der Ausschnitt besitzt mehr Bildcharakter, es fehlt den wahrgenommenen Objekten bis zu einem gewissen Grade der Charakter der Stofflichkeit. Achten wir bei mehrfacher Wiederholung des Versuches darauf, welche Änderungen im sinnlichen Eindruck

[1] Welche Bedeutung bei so kurzen Expositionszeiten das Nachbild des Betrachteten hat, kann hier unentschieden bleiben. Man kann natürlich auch hier wie bei tachistoskopischen Leseversuchen dazu übergehen, die Bedeutung der Nachbilder für unsere Farbenwahrnehmungen durch auslöschende Reize zu untersuchen. Vgl. SCHUMANN S. 167 der auf S. 195 angeführten Arbeit.

wohl diese beobachteten Veränderungen in der Wahrnehmung der Stofflichkeit veranlaßt haben, so erkennen wir, daß (eigentümliche Änderungen des Eindrucks der räumlichen Verhältnisse verfolge ich hier nicht weiter) die Oberflächenstruktur der Objekte an Deutlichkeit eingebüßt hat.[1] Die Farben nähern sich in ihrer Erscheinungsweise der der Flächenfarben. Damit kommen die peripheren Faktoren mehr zu ihrem Recht.[2]

Bei längeren Betrachtungszeiten tritt an die Stelle der rein passiven Hingabe an die Farbeneindrücke ein mehr aktives Erfassen derselben. Man kann die besonderen Beleuchtungsverhältnisse besser auffassen. Man achtet mehr auf die feinen Abstufungen und Übergänge der Halbschatten, die für die Beschattung charakteristisch sind. Durch kleine Bewegungen der Augen und des Kopfes macht man sich klar, wie die Schatten verlaufen. Die Erkenntnis der räumlichen Lageverhältnisse, welche erst den vollen Überblick über die Beleuchtungsverhältnisse ermöglicht (vgl. hierzu die Versuche über Lichtperspektive), wird durch eine Verkürzung der Betrachtungszeit in beträchtlicher Weise erschwert. „Die beschattete Scheibe kann eine verschiedene Bestimmtheit der Lokalisation erfahren. Ersteren Falles denkt sich der Beobachter: wie weit müßte ich etwa mit einer Greifbewegung ausholen, um die beschattete Scheibe zu erfassen? Wird die Scheibe weniger bestimmt lokalisiert, so findet überhaupt keine Trennung von Schatten und Farbenfläche statt. (Unsere Resultate zeigen, wie weit diese Behauptung eingeschränkt werden muß!) Eine bestimmtere Lokalisation ist bei sehr kurzen Zeiten nicht ausführbar" (Vp. B). Die Ausführung der willkürlichen Abstraktion, durch die man die auf der beschatteten Scheibe liegende Dunkelheit von der Weißlichkeit der Scheibe trennt, benötigt einer gewissen

---

[1] Die Ursachen für diese Erscheinung sind noch zu untersuchen. Vermutlich ist sie mit dadurch bedingt, daß keine Möglichkeit besteht, während der Expositionszeit Akkommodationsänderungen auszuführen.

[2] Experimentelle Untersuchungen über die impressionistische Betrachtungsweise der Maler können an diese Beobachtungen mit kürzesten Expositionszeiten angeknüpft werden.

Wenn die Alten keine Bewegung malten, „so liegt das nicht nur daran, daß sie die Schulung des Auges, die uns die Momentphotographie gab, noch nicht hatten." R. Muther. Geschichte der Malerei. Leipzig 1910. Bd. 3, S. 218 f.

Zeit, sie ist um so leichter auszuführen, je mehr Zeit man zur Verfügung hat. Man fühlt sich dabei der Farbe der beschatteten Scheibe gegenüber in gewisser Weise „aktiv“ und „umformend“. Darauf deuten Aussagen von Vpn bei diesen und anderen Versuchen. Ich selbst habe die Verschiedenheit im Verhalten gegenüber normal und nicht normal beleuchteten Oberflächenfarben immer wieder konstatiert und verweise auch auf die Aussage des Herrn Prof. Müller (S. 129), die sich mit Aussagen anderer dem Sinne nach deckt. Je kürzer die Betrachtungszeit ist, desto unvollkommener ist auch die abstraktive Trennung. Wir fassen unsere letzten Untersuchungen wie folgt zusammen. Auch bei kürzester Betrachtungszeit üben die Beleuchtungsverhältnisse ihren Einfluß auf die Qualität und Ausgeprägtheit der Oberflächenfarben in relativ hohem Grade aus. Wenn mit zunehmender Betrachtungszeit der Einfluß der zentralen Faktoren wächst, so liegt das daran, daß sich erst bei längeren Zeiten deutliche Oberflächenfarben zu konstituieren vermögen und damit die erwägende und wirksamere Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse einsetzen kann.

Versuche mit tachistoskopischer Darbietung von Farben primär verschiedener Erscheinungsweise wurden nicht systematisch durchgeführt, sondern nur gelegentlich angestellt. Bei sehr kurzen Zeiten geht die deutliche Raumhaftigkeit von Farben zurück, die raumhaften Farben machen mehr flächenhaften Farben Platz. Die Durchsichtigkeit von Farben wird weniger deutlich, indem die durchsichtigen Farben mit den durch sie gesehenen verschmelzen; die Glanzlichter „kleben“ mehr an den glänzenden Objekten und erscheinen gleichzeitig mehr leuchtend. Diese Änderungen kommen nicht überraschend, nachdem wir die Änderung in der Erscheinungsweise der Oberflächenfarben bei sehr kurzen Zeiten erkannt haben. Flächenfarben ändern auch bei kürzester Exposition ihre Erscheinungsweise nicht, nur nimmt die Unbestimmtheit ihrer Lokalisation noch zu; auch bei sehr kurzen Zeiten bleiben leuchtende Farbeneindrücke leuchtend. Wenn es gestattet ist, anzunehmen, daß diejenigen Farbenerlebnisse, welche unter starker Mitwirkung der individuellen Erfahrung aufgebaut worden sind, leicht der destruktiven Wirkung der tachistosko-

pischen Exposition verfallen, primitive oder relativ primitive Farbenerlebnisse nicht oder schwer, so sind beschattete und belichtete Oberflächenfarben sicher als Erfahrungsprodukte anzusprechen. Aber auch die Oberflächenfarben normaler Beleuchtung sind unter dieser Voraussetzung nicht als primitive Farbengebilde des Bewußtseins zu betrachten. Deutliche Raumhaftigkeit, Glanz und Durchsichtigkeit sind hiernach als Erfahrungsprodukte zu stempeln. Flächenfarben und leuchtende Farben müssen primitive oder relativ primitive Farbengebilde sein.[1]

Man wird geneigt sein, die Wirkung der zentralen Faktoren in unseren Versuchen in ähnlicher Weise aufzufassen wie die Wirkung optischer Residuen bei tachistoskopischen Leseversuchen. Im Hinblick auf später zu gebende Ausführungen (Abschnitt V) empfiehlt es sich aber, in dieser Hinsicht Vorsicht walten zu lassen. —

Ich habe oben Versuche in Aussicht gestellt, durch die der Einfluß des Umstandes ermittelt werden soll, daß B_2 mit einer ganzen Reihe von festen Farben gleichzeitig (Skalenmethode) und nicht nur mit e i n e r variablen Farbe (Grenzmethode) verglichen wird. Von diesen Versuchen teile ich die mit Vp. B angestellten mit.

B_2 = 360° W. Starke Beschattung. Betrachtungszeit im Belieben der Vp.

I. Bestimmung nach der Grenzmethode. n = 4. B_1 = 151,4° W
II. „ „ „ Skalenmethode. n = 4. B_1 = 289,7° W[2]

B_2 = 180° W. Starke Beschattung.

I. Bestimmung nach der Grenzmethode. n = 4. B_1 = 43,4° W
II. „ „ „ Skalenmethode. n = 4. B_1 = 59,5° W[2]

Die Differenzen zwischen den nach beiden Methoden erhaltenen Helligkeitswerten sind 289,7° W — 151,4° W = 138,3° W und 59,5° W— 43,4° W = 16,1° W. Besonders die erstere Differenz, die uns im Hinblick auf die obigen Versuche mehr interessiert, ist außerordentlich groß. Dieser Wert dürfte die Auflösung des oben (S. 208) herausgestellten Widerspruchs enthalten. Ich will nur noch hinzufügen, daß es sehr wahrscheinlich N e b e n v e r g l e i c h e sind, die zwischen den Skalengliedern selbst spielen, welche die Helligkeitswerte größer ausfallen lassen als bei der Grenzmethode. „Nachdem ich die Qualität der beschatteten Scheibe selbst erfaßt habe,

---

[1] Die Ausführungen, die R. Dodge in der Zeitschr. f. Psych. Bd. 52, 1909, S. 358 f. gegen die zuweilen gemachte Annahme richtet, tachistoskopische Versuche könnten ohne weiteres auch der Analyse der normalen Wahrnehmung dienen, weil die Versuche einfachere Bedingungen der normalen Wahrnehmung herstellten, treffen unsere vorstehenden tachistoskopischen Versuche nicht. Wir haben eine solche Annahme nicht gemacht.

[2] Diese Werte sind Mittelwerte der Helligkeiten von 4 Skalengliedern, welche die Vp. der Farbe von B_2 nacheinander zuordnete. Ich habe hier der leichteren Übersicht wegen die Bezeichnung B_1 beibehalten.

besteht zunächst die Neigung, sie einem bestimmten Gliede der Skala zuzuordnen, etwa einem mittelgrauen. Dann sehe ich aber, daß zwischen diesem Glied und dem hellsten noch eine Reihe von grauen Farben liegen. Gehe ich, um noch einmal zu vergleichen, zu der Scheibe B_2 zurück, so erscheint sie mir heller und doch einem helleren Gliede der Skala als dem zuerst herausgegriffenen zuzuordnen zu sein. So oft ich diesen Beobachtungswechsel wiederhole, macht sich eigentlich die Tendenz geltend, B_2 einem noch helleren Gliede zuzuordnen. Dies erreicht aber natürlich eine Grenze.“ (Vp. B.)

§ 17. Die Gedächtnisfarben. Einige Betrachtungen kunsthistorischer Natur.

Unsere Stellung zu Herings Gedächtnisfarben. Wir wollen kurz darlegen, welche Stellung wir zu Herings Gedächtnisfarben (Hering VI, S. 7 f.) einnehmen. „Die Farbe, in welcher wir ein Außending überwiegend oft gesehen haben, prägt sich unserem Gedächtnis unauslöschlich ein und wird zu einer festen Eigenschaft des Erinnerungsbildes“. Diese Farbe nennt Hering Gedächtnisfarbe des betreffenden Dinges. „Wie die Gedächtnisfarbe eines Dinges immer mit aufwacht, wenn durch ein beliebiges anderes Merkmal desselben oder auch nur durch das Wort, mit welchem wir das Ding bezeichnen, ein Erinnerungsbild desselben geweckt wird, so wird sie ganz besonders wachgerufen, wenn wir das bezügliche Ding wiedersehen oder auch nur zu sehen meinen, und sie ist dann für die Art unseres Sehens mitbestimmend.“ Dem Schnee schreiben wir als Gedächtnisfarbe das Weiß zu. Liegt auf einer Schneefläche starkes Licht oder tiefer Schatten, so sehen wir sie bei unbefangener Betrachtung trotz der hohen Differenz der Lichtmenge, welche sie in diesen beiden Fällen in unser Auge sendet, beidesmal nahezu gleich hell. Wir können auch ihrer Farbe gegenüber das Mittel der vollständigen Reduktion anwenden. Man versteht ohne weiteres, daß wir auch bei dem Schnee von einer normalen Beleuchtung sprechen dürfen. Hering setzt wohl stillschweigend voraus, daß wir die Außendinge überwiegend oft bei normaler Beleuchtung beachten, so daß wir hiernach auch sagen könnten, daß als Gedächtnisfarben die Oberflächenfarben bekannter Objekte fungieren, mit denen sich diese Objekte bei normaler Beleuchtung darbieten. Ich würde dieser Definition der Gedächtnisfarben aber den Vorzug vor der Heringschen geben. Zwar trifft es sich so, daß im Leben die normale Beleuchtung die vorherrschende ist (s. S. 95 f.), sodaß aus den

Fällen, in denen sich eine Gedächtnisfarbe ausgebildet hat, keine Entscheidung zugunsten der einen oder der anderen Definition gefällt werden kann. Doch dürfte sich als Gedächtnisfarbe eines Objektes, das sich nie anders als bei n i c h t - n o r m a l e r Beleuchtung darbietet, annähernd die Farbe einstellen, welche das Objekt bei n o r m a l e r Beleuchtung besitzt. Auch hier muß der zukünftige exakte Versuch entscheiden.

Befindet sich ein Körper, dem man eine Gedächtnisfarbe zuschreibt, unter normaler Beleuchtung, so deckt sich der unmittelbar ausgelöste Farbeneindruck seinen farbigen Momenten nach mit denen der Gedächtnisfarbe des Körpers. Befindet er sich nicht unter normaler Beleuchtung, so bestimmt die Gedächtnisfarbe die Art unseres Sehens in höherem Grade als in unseren früheren Versuchen die eigentlichen Farben von Gegenständen, denen keine feste Gedächtnisfarbe zuzuschreiben war, das Sehen mitbestimmten. Die Gedächtnisfarbe kann unter den gleichen Verhältnissen einen stärkeren Einfluß auf das Farbensehen gewinnen. Damit ich ein weißes Papier, das unter herabgesetzter Beleuchtung steht, sich z. B. im Hintergrunde des Zimmers befindet, als nahezu weiß sehe, muß mir in deutlicher Weise der Überblick über seine Beleuchtungsverhältnisse mitgegeben sein. Ist das letztere nicht der Fall, so sehe ich das weiße Papier, was seine Helligkeit anbetrifft, mehr wie nach seiner Reduktion auf die normale Beleuchtung. Anders steht es bei einem Gegenstand von ausgeprägter Gedächtnisfarbe. Auch wenn ich seine Beleuchtungsverhältnisse nicht recht überblicken kann, sondern diese ihn allein als den mir vertrauten Gegenstand von dieser oder jener Gedächtnisfarbe erkennen lassen, kann letztere das Sehen stark mitbestimmen. Der stärkeren Wirkung der Gedächtnisfarben steht die größere Labilität der Farbeneindrücke gegenüber, die unter ihrer Wirkung zustandekommen (vgl. § 18). Bei Spaziergängen habe ich häufig die folgende, hierher gehörige Beobachtung gemacht. Eine ferne Wiese oder ein Stück Ackerland, deren Farben von der Luftperspektive stark beeinflußt sind, schließe ich so durch einen vor die Augen gehaltenen Rahmen aus Papier ein, daß ich wohl noch die Entfernung annähernd richtig auffassen, aber infolge der Verdeckung der Umgebung nicht mehr erkennen kann, um welche Objekte es sich handelt, die mir in dem Rahmen erscheinen. In diesem Falle wird trotz des Überblicks über die Entfernungsverhältnisse die eigentliche Farbe des

in dem Rahmen Eingeschlossenen nicht erkannt; sobald ich aber den Rahmen wegnehme und von der Umgebung aus die Auffassung jenes fernen Streifens als Wiese, als Ackerland zustandekommt, wirkt auch deren Gedächtnisfarbe mit, und ich glaube nun mit ziemlicher Deutlichkeit das Grün der Wiese, das Braun der Erdschollen wahrzunehmen. Man wird nicht fehlgehen, wenn man den Objekten natürlicher Färbung, die uns am häufigsten begegnen (Schnee, Blut, Kohlen, Pflanzen), für alle gleich farbentüchtigen Individuen eine qualitativ ähnliche Gedächtnisfarbe zuschreibt. Nach unseren oben (§ 15) entwickelten Anschauungen müssen wir aber mit individuellen Verschiedenheiten dieser Gedächtnisfarben rechnen. Objekte, die wie Kleidungsstücke vor allem ihrem Eigentümer zu Gesicht kommen, werden nur für diesen eine Gedächtnisfarbe entwickeln. Es erschien dankenswert, der Genese der Gedächtnisfarben durch die Verfolgung ihrer Entwicklung in konkreten Fällen nachzugehen, an die Stelle ihrer Bildung aus zufälligen Wahrnehmungen des Lebens ihren Niederschlag aus planmäßig gegebenen Farbeneindrücken zu setzen. Diese Aufgabe, die in das Gebiet des absoluten Farbengedächtnisses hineinreicht, bedarf aber einer so komplizierten und zeitraubenden Methode, daß an ihre Inangriffnahme hier nicht gedacht werden konnte.

Bei den messenden Versuchen der vorliegenden Arbeit spielen die Gedächtnisfarben in keinem Falle eine Rolle. Denn die Papiere, die zur Beurteilung in unseren Versuchen vorlagen, waren weder individuell irgendwie bestimmt noch als solche den Beobachtern von früher her bekannt. Ich will noch bemerken, daß messende Versuche mit Gedächtnisfarben wegen der ihnen eigentümlichen Labilität gar nicht oder nur schwer anzustellen sind. Am ehesten sind ihnen gegenüber Massenversuche am Platz.

Die Übertreibung farbiger Momente der Gedächtnisfarben. Die Sprache hat die Eigentümlichkeit dort, wo die Farbe eines Objektes hinsichtlich der Helligkeit oder Dunkelheit oder der Sättigung über das für dieses Objekt Normale hinausgeht, die vorhandene Überschreitung der Norm in fast maßloser Weise zu übertreiben. Dafür gibt nicht nur die poetische Darstellung liebenswürdige Beispiele („so weiß wie Schnee, so rot wie Blut und so schwarz wie Ebenholz", „ein kohlpechrabenschwarzer Mohr"), sondern auch die Umgangssprache liebt es, in ähnlicher Weise zu übertreiben und zwar meist

dann, wenn die betreffenden Farbenbezeichnungen affektive Vorstellungen mit auslösen sollen (kreideweißes, quiddegelbes Gesicht). Zwar nicht eigentlich eine Übertreibung, so doch eine bemerkenswerte Hervorkehrung farbiger Momente liegt in dem Prinzip der Sprache, bei der Farbenbenennung die bei der jeweiligen Betrachtung auffälligste Komponente sprachlich herauszuheben.[1] Liegen mehrere Kleiderstoffe vor, von denen der eine einen bläulichen, der andere einen bräunlichen Einschlag besitzt, so pflegt man unter Abstraktion von ihren sonstigen farbigen Eigentümlichkeiten, z. B. der Helligkeit, von dem „blauen", dem „braunen" Kleiderstoff zu sprechen. Es liegt nahe, eine gewisse Beziehung zwischen der Tatsache der sprachlichen Übertreibung und der Heraushebung farbiger Momente von Gegenständen einerseits sowie andererseits der Tatsache zu erblicken, daß gewisse farbige Eigentümlichkeiten auch solcher Objekte, deren Farben, ohne von den diesen Objekten normalerweise zukommenden abzuweichen, nur allgemein sich durch eine gewisse Helligkeit, Dunkelheit oder Buntfarbigkeit auszeichnen, in ihren Gedächtnisfarben übertrieben erscheinen. Fordert man eine Vp. auf, aus einer Reihe verschiedener blauer Nuancen ein solches Blau auszusuchen, das dem Blau der Augen einer ihr bekannten Person gleichkommt, so fällt im allgemeinen ihre Wahl auf ein zu gesättigtes Blau, vorausgesetzt nur, daß sie nicht früher jener Farbe bereits eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt oder sie gar simultan mit anderen verglichen hat. Fordert man sie auf, das Schwarz ihres Hutes, das Rot ihrer Lippen oder die Farbe der Dachziegel auf gleiche Weise zu bestimmen, so kann man damit rechnen, daß sie ein zu tiefes Schwarz, zwei Rotnuancen zu hoher Sättigung wählt. Und ähnliche Erfahrungen kann man stets machen, wenn man dazu übergeht, die Gedächtnisfarbe eines Gegenstandes vergleichend zu bestimmen. Fast immer wird bei einem hellen Gegenstand eine zu helle, bei einem dunklen Gegenstand eine zu dunkle und bei einem Gegenstand, der als deutlich bunt gefärbt bekannt ist, eine zu gesättigte Farbe ausgewählt. Die Übertreibungen treten im allgemeinen bei den bunten Farben deutlicher zutage als bei den tonfreien. Ein reflektierendes Verhalten muß bei

---

[1] Vgl. hierzu die Ausführungen G. E. MÜLLERS über das ökonomische Prinzip bei der Namengebung für Eigenschaften von Objekten. MÜLLER I, S. 74.

diesen Bestimmungen vermieden werden. Der Nachweis der Übertreibung gelingt am leichtesten bei in Beziehung auf farbige Beobachtungen ganz naiven Erwachsenen sowie bei Kindern. Es ist denkbar, daß bei der unbestreitbaren Bedeutung, welche die sprachliche Übermittlung von Erkenntnissen für das Vorstellungsleben des Kindes besitzt,[1] unter den jetzt vorhandenen Bedingungen die Übertreibung der Farbenmomente der Gedächtnisfarben sowohl durch die Wirkung der Sprache (Beschreibung der Farben in Märchen usw.) als auch durch die Wirkung der individuellen Anschauung ausgelöst wird. Ursprünglich — und sehr wahrscheinlich ist dies auch jetzt noch die Regel — dürfte die absolute Auffälligkeit der Farben der Objekte an Weißlichkeit, Schwärzlichkeit oder Buntheit die Übertreibung dieser farbigen Momente in der Erinnerung bedingt haben. Nicht nur sind „satte Farben in der Natur äußerst selten" (v. Bezold, a. a. O. S. 263), sondern auch ein ausgesprochenes Weiß (das Weiß tritt in unseren Gegenden fast nur am Schnee als natürliche Farbe auf) und ein tiefes Schwarz treffen wir fast nur an Gegenständen künstlicher Färbung an. Wegen der stärkeren Gefühlsbetonung der bunten Farben zeigen diese größere Auffälligkeit und werden stärker übertrieben. In der Regel wird darum auch die sprachliche Übertreibung oder Hervorkehrung farbiger Eigentümlichkeiten von Objekten mit ihrer gedächtnismäßigen Einprägung eine Folge der absoluten Auffälligkeit dieser farbigen Eigentümlichkeiten sein.

Eine Anwendung dieser Betrachtungen auf kunstgeschichtliche Probleme. In der Kunst findet die Farbe entweder in ornamentaler-dekorativer Absicht oder zu Zwecken der naturwahren Darstellung Verwendung. Tatsächlich ist diese Scheidung in den verschiedenen Gebieten der Kunst nicht so reinlich durchzuführen, wie man es häufig darzustellen beliebt. Die Farbe erfüllt auch in solchen Fällen, wo sie in ausgesprochener Weise der Naturschilderung dient, häufig einen dekorativen Zweck. Es wäre sonst nicht zu verstehen, daß wir eine übertriebene Sättigung der Lokalfarben nicht etwa nur bei den Primitiven antreffen, die zum erstenmal den Versuch

[1] Vgl. z. B. auch M. Verworn. Zur Psychologie der primitiven Kunst. Jena 1908. S. 20 f.

machen, naturwahr zu malen — obgleich wir dort die grellsten Farben verwendet finden — sondern daß diese Sattheit durchaus die Regel bleibt bis in die moderne Malerei hinein. Die Sättigung der Lokalfarben der Gemälde übertrifft die Sättigung der Farben, welche dort ihre Darstellung gefunden haben, meist ganz wesentlich. Eine Übertreibung der weißen und schwarzen Farben findet in der Regel nicht statt, auch nicht in solchen Fällen, wo sie mit den Mitteln der Palette möglich wäre. Selbst bei Anrechnung südlicher Licht- und Farbenverhältnisse würden uns wohl Farben von der Sättigung der Farben RAFFAELscher Bilder, wenn als deren Träger die dargestellten Objekte selbst fungieren würden, den Eindruck märchenhafter, unnatürlicher Farbenpracht machen.[1] Betrachtet man, nachdem man sich eine Reihe von Bildern mit diesen übertriebenen Sättigungsverhältnissen der Farben angesehen hat, Bilder mit Farben, die hinsichtlich ihrer Sättigung den Farben der dargestellten Objekte näherstehen (z. B. Bilder von v. UHDE und M. LIEBERMANN), so hat man seltsamerweise den Eindruck, daß die Sättigung der verwandten Farben hinter der Sättigung der Farben der dargestellten Objekte zurückbleibe. So stark scheint also unsere Einstellung auf die übertriebene Sättigung der Farben von Gemälden zu sein. Wenn man bedenkt, in welchem Maße auf den Kulturmenschen grellfarbige Bilder einwirken, und seien es auch nur die unzähligen Reklamebilder, die ihm auf Schritt und Tritt begegnen, so ist sogar zu erwägen, ob nicht die Übertreibung der Buntheitsverhältnisse, welche bekannte Objekte oder Objektteile (Haare, Augen, Lippen usw.) auf diesen Bildern erfahren, die Bildung der Gedächtnisfarben dieser bekannten Objekte in der oben dargelegten Weise mit beeinflußt.

Man hat zuweilen versucht, den bunten Charakter der Gemälde alter Meister aus der Nichtberücksichtigung bestimmter optischer Verhältnisse (hauptsächlich Nichtberücksichtigung der Änderungen, welche die eigentlichen Farben durch Licht und Schatten, Luft und Entfernung erleiden) herzuleiten. Wir werden unten (S. 221 f.) auf die Mängel der alten Bilder, die hieraus entspringen, eingehen. Hier muß aber nachdrücklich darauf hingewiesen werden, daß keine Möglichkeit besteht, die übertriebene Sättigung der bunten Farben auch in den Teilen der Bilder, welche

[1] Vgl. hierzu W. v. SEIDLITZ. Über Farbengebung. Stuttgart-Berlin 1900. S. 34.

Objekte in „normaler“ Beleuchtung darstellen, — und diese Beleuchtung ist auf jenen Bildern die vorherrschende[1] — auf eine Nichtberücksichtigung der Beleuchtung zurückzuführen. Eine normale Beleuchtung läßt bunte Farben nie in übertriebener Sättigung erscheinen. Wir dürfen annehmen, daß die Übertreibung der Sättigungsverhältnisse der Farben bei vielen Malern, den alten Meistern insbesondere, soweit sie nicht dekorative Bedürfnisse befriedigen sollte und diesen Meistern wirklich naturwahre Farbengebung als erstrebenswertes Ziel vorschwebte, eine gemeinsame Ursache mit der Übertreibung der Sättigung bei den Gedächtnisfarben hat, nämlich die absolute Auffälligkeit der bunten Farben. Wir enthalten uns in dieser Arbeit einer Beurteilung der Sättigungsübertreibung der Farben auf den Gemälden unter ästhetischen Gesichtspunkten.

Normal beleuchtete, belichtete und beschattete Oberflächenfarben in der Malerei. Nach ihren physikalischen Eigenschaften steht die Farbe eines normal beleuchteten Objektes zwischen der Farbe desselben Objektes bei sehr hoher und bei sehr niedriger Beleuchtung (Belichtung und Beschattung). Von einem gewissen, nämlich dem psychologischen Standpunkt aus scheinen sich die Extreme, die beschattete und die belichtete Oberflächenfarbe, näherzustehen. Sie stellen beide gegenüber der normal beleuchteten Oberflächenfarbe kompliziertere Farbenwahrnehmungen dar, indem man in diesen Fällen die eigentliche Farbe durch eine Überlagerung — das eine Mal von Licht, das andere Mal von Schatten, — hindurchzusehen glaubt. Sie sind beide durch eine größere Labilität gekennzeichnet. Sowohl Beschattung wie Belichtung macht die feinere Struktur der Oberflächen der Gegenstände unkenntlich und vermag so bis zu einem gewissen Grade deren „Materialität“ zu verdecken. Beide Eindrücke stehen sich auch hinsichtlich der an ihr Erleben sich anschließenden ästhetischen Gefühle näher. Sie haben beide etwas Zarteres und zugleich Vornehmeres. Sie werden seltener erlebt als die Oberflächenfarben normaler Beleuchtung und treten im Gesichtsfeld nur in diskreter Weise auf. Der Eindruck der Belichtung einzelner Stellen des Gesichtsfeldes begegnet uns wieder weniger häufig als der der Beschattung; denn auch bei normaler Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes

---

[1] Vgl. S. 221.

können wir kaum plastische Eindrücke erhalten, ohne daß gleichzeitig Schatten vorhanden wären. Es ist nicht ohne Interesse, daß die Beleuchtungsskala von LEONARDO DA VINCI, trotzdem er in seinem Buch über die Malerei die Änderungen, welche die Farben bei Sonnenlicht und künstlichem Licht erleiden, ausführlich und z. T. treffend geschildert hat, von dem tiefen Schattendunkel nur bis zu der Helligkeit einer normalen Beleuchtung hinaufreicht. Er gibt auch in seiner Schrift dem vollen Tageslicht ausdrücklich vor anderen Beleuchtungsstärken in malerischer Hinsicht den Vorzug.[1]

Wenn man in lehrhafter Absicht die Demonstration eines Gegenstandes plant, sei es, um seine Farben, sei es um seine Formen und die feinere Struktur seiner Oberfläche zu zeigen, so wird man dafür die Beleuchtung durch das normale Tageslicht wählen. Dies muß man im Auge behalten, wenn man die Malweise der alten Meister verstehen will. Sie sind in erster Linie Erzähler, welche Menschen und Dinge mit allen ihren Eigenschaften vor den Beobachter hinstellen wollen[2]; sie sind vor allem am Dargestellten interessiert, eigentlich „malerische Probleme" zu lösen, liegt ihnen noch recht fern. Auf ihren Schilderungen herrscht aus diesen Gründen die normale Tagesbeleuchtung vor. Wir treffen bei ihnen fast nur normal beleuchtete Farben (übertriebener Sättigung) an, die, wie die Farben an den dargestellten Objekten selbst, auch dekorative Wirkungen ausüben. Dort, wo wegen der Modellierung der Gegenstände die Darstellung beschatteter Teile notwendig wird, geschieht es ohne volle Berücksichtigung dieser Beschattung, d. h. es wird nicht diejenige Farbe auf die Leinwand gesetzt, die man nach voller Reduktion der Farben der beschatteten Gegenstände wahrnehmen würde; die eigentliche Farbe bestimmt die Farbengebung zu sehr in ihrem Sinne. Die mit der Herabsetzung der Beleuchtungsstärke einhergehenden qualitativen Änderungen der Farben (die „Vertiefungen" der Farbentöne) werden selten erkannt. Der Schatten wird in etwas schematischer Weise

---

[1] LEONARDO DA VINCI. Das Buch von der Malerei. Übersetzt von H. LUDWIG. Text und Übersetzung Bd. I. Wien 1882. S. 145, S. 155. Auf den von LEONARDO DA VINCI erhaltenen Gemälden scheint die normale Tagesbeleuchtung oder eine etwas gedämpfte Beleuchtung vorherrschend zu sein. Seine Bilder sind mir nur nach Reproduktionen bekannt.

[2] In besonderem Maße gilt dies wieder für die altdeutschen Meister. Vgl. hierzu E. HEIDRICH. Die altdeutsche Malerei. Jena 1909.

durch schwarze Pigmente wiedergegeben. Auch die infolge der Luftperspektive eintretenden qualitativen Änderungen der Lokalfarben erfahren eine Unterschätzung.[1] Die Darstellungsweise der Beleuchtungsverhältnisse durch diese Maler hat eine gar nicht zu verkennende Ähnlichkeit mit fehlerhaften Arten der Darstellung, die wir bei Anfängern in der Malkunst antreffen; auch diese gestehen den Lokalfarben einen unberechtigten Einfluß bei der Farbengebung zu. Von Kindern entworfene „Bilder" sind in Beziehung auf die Farbengebung nicht ohne weiteres zum Vergleich hier heranzuziehen, wie es zuweilen geschehen ist. Es läßt sich nämlich nur schwer entscheiden, inwieweit Fehlgriffe in der Anwendung von Farben beim Kinde nicht einfach durch technische Schwierigkeiten bedingt sind, denen das Kind beim Malen mit farbiger Kreide (Wasserfarben oder Ölfarben bieten für das Kind noch größere technische Schwierigkeiten) begegnet. Dagegen erscheint es mir berechtigt, nach der Seite der Darstellung des Stoffes Vergleiche zwischen den Erzeugnissen kindlicher und primitiver Kunst zu ziehen.[2]

Ganz allmählich und wie durch wiederholte Entdeckungen werden neue malerische Ausdrucksmittel in die Gemäldekunst eingeführt. Man kann sagen, daß erst Giorgione mit Erfolg den Bereich der malerischen Darstellung um die Beleuchtung, die über die normale hinausgeht, erweiterte und auch versuchte, das „Licht" selbst wiederzugeben. Bei Rembrandt ist die Darstellung des Lichtes (und Schattens) Hauptproblem. In den Rembrandtschen Werken, in denen seine Eigenart vorzüglich zum Ausdruck kommt, sieht man die Oberflächenfarben normaler Beleuchtung nahezu ganz verdrängt und nur noch als Vermittler zwischen Beschattung und Belichtung fungieren. So sieht man fast alle Farben seiner Gemälde nur noch durch Licht und Schatten hindurch. Über diese Dinge, vor allem über die Fortbildung der malerischen Darstellung im Pleinairismus, hoffe ich an anderer Stelle aus-

---

[1] Es bedarf noch der Untersuchung, wie weit die Eigentümlichkeiten der älteren Malerei durch die Besonderheit ihrer Farbenmittel (Wasserfarben und Temperafarben vor der Verwendung der Ölfarben durch die van Eycks) bedingt sind.

[2] Vgl. hierzu: Felix Rosen. Darstellende Kunst im Kindesalter der Völker. Zeitschr. f. angew. Psychol. u. psychol. Sammelforschung. Bd. 1, 1908. S. Levinstein. Kinderzeichnungen bis zum 14. Lebensjahr. Leipzig 1905. M. Verworn in der auf S. 218 zitierten Arbeit.

führlicher sein zu können. Ich bin der Überzeugung, daß in Anlehnung an exakte wissenschaftliche Analysen von Farbenwahrnehmungen wirklich eine fruchtbare Untersuchung der malerischen Ausdrucksmittel und der malerischen Wirkungen möglich ist; bis jetzt sind nur unbedeutende Ansätze für eine solche Untersuchung vorhanden.[1] Für die experimentelle Ästhetik eröffnet sich hier ein reiches Arbeitsfeld. Die „Ästhetik von Unten"[2], soweit sie sich mit Farben beschäftigt, hat nur dann Aussicht, sich dem ihr vorschwebenden Ziel, das fertige Bild in seiner ästhetischen Wirkung verständlich zu machen, zu nähern, wenn sie auch beschattete und beleuchtete Oberflächenfarben, ja allgemein Farben heterogener Erscheinungsweisen in den Kreis ihrer Betrachtung hineinzieht und vergleichenden ästhetischen Beurteilungen unterwirft. Die Untersuchungen werden dabei größere Kunstnähe gewinnen.

§ 18. Über die Hemmung der das Farbensehen mitbestimmenden zentralen Faktoren durch ein besonderes Verhalten der Aufmerksamkeit.

Die Erkenntnis, daß die Aufmerksamkeit nicht unter allen Umständen einen die Bewußtseinsphänomene fördernden Einfluß ausübt, ist wegen des sich hierin offenbarenden widerspruchsvoll erscheinenden Charakters der Aufmerksamkeit vielfach diskutiert worden. Dürr bespricht in seiner Monographie über die Aufmerksamkeit den störenden Einfluß, der von der Aufmerksamkeitskonzentration auf die Gefühlserlebnisse, die gewohnheitsmäßigen Fähigkeiten und die reflektorischen und automatischen Funktionen ausgeht.[3] Schon seit längerer Zeit bekannt ist auch die (stets von neuem bestätigte) Tatsache, daß auf das Vergleichen einfacher Sinneseindrücke eine gewisse Verhaltungsweise der Aufmerksamkeit, die man als die der Konzentration bezeichnen kann, eher einen nachteiligen als einen fördernden Einfluß aus-

[1] Eine Kunstkritik auf psychologischer Grundlage hat neuerdings Binet in Vorschlag gebracht. Année psychol. Bd. 16, 1910, S. 31 ff.

[2] Vgl. Fechners Vorschule der Ästhetik, S. 107.

[3] E. Dürr. Die Lehre von der Aufmerksamkeit. Leipzig 1907. S. 116 ff.

übt.[1] Hierher gehören die meisten der von C. Spearman[2] in seiner Arbeit „Die Normaltäuschungen in der Lagewahrnehmung" auf S. 478 zitierten Abhandlungen. In dieser Arbeit hat Spearman auf einen „Wahrnehmungsvorgänge" störenden Einfluß der Aufmerksamkeitskonzentration aufmerksam gemacht, der von einer bis jetzt nicht bekannten oder doch in der Literatur nicht erwähnten Besonderheit ist. Wir gehen etwas ausführlicher auf Spearmans Beobachtungen ein, weil sich eigene Beobachtungen ähnlicher Natur aus dem Bereich der Oberflächenfarben an sie anschließen lassen.

Durch Konzentration der Aufmerksamkeit auf eine Berührungsempfindung, die lokalisiert werden sollte, fand Spearman immer die gröbsten Täuschungen der Lagewahrnehmung ausgelöst. Er bezeichnet diese Einstellung der Aufmerksamkeit als die auf das Subjektive. In anderen Fällen wieder sollte sich die Vp. „nicht um die Tastempfindungen als solche kümmern, sondern sich möglichst intensiv die konkreten Objekte, die reizende Spitze und den ruhenden Stift vorstellen". (A. a. O. S. 471.) Darauf ging die Täuschung beträchtlich zurück. Spearman findet „die subjektive Auffassungsweise der Wahrnehmung als psychischen Zustandes wenig natürlich im Gegensatz zur objektiven Auffassung des Gegebenen als eines objektiv Existierenden." Das Urteil über objektive Verhältnisse (Lokalisation einer berührenden Spitze in Beziehung zu einem Körperglied) verliert also an Güte mit der Konzentration der Aufmerksamkeit auf das Subjektive. Dies ist nun auch für die Beurteilung von Oberflächenfarben der Fall, die sich nicht unter normaler Beleuchtung befinden. Schon Hering (Hering VI, S. 8) macht gelegentlich darauf aufmerksam, daß die Gedächtnisfarbe das Sehen völlig bestimmen kann, „immer vorausgesetzt, daß wir der Farbe nicht besondere Aufmerksamkeit zuwenden". Wir können das hier angedeutete Verhalten eines Farbeneindrucks einem allgemeinen Prinzip unterordnen. In allen Fällen, wo starke zentrale Faktoren auf das Sehen von Oberflächenfarben überhaupt Einfluß gewinnen, erweist sich Konzentration der Aufmerksamkeit auf den farbigen Eindruck und

---

[1] Vgl. hierzu z. B. D. Katz. Exper. Beitr. zur Psychol. d. Vergl. im Gebiete des Zeitsinns. Zeitschr. f. Psych. Bd. 42, 1906, S. 426 ff.

[2] Psychologische Studien, Bd. 1, 1906.

Abwendung vom farbigen Objekt als nachteilig für die Wahrnehmung der eigentlichen Farben der Objekte. Hinsichtlich dieser störenden Wirkung können wir bei den Oberflächenfarben sekundär verschiedener Erscheinungsweise verschiedene Stufen konstatieren. Bei den Gedächtnisfarben vermag sie sich, sofern diese unter nicht-normaler Beleuchtung stehen, am auffälligtsen zu zeigen. Was eben noch als Grün einer sehr entfernten Gebirgswiese aufgefaßt wurde, verwandelt sich in eine ganz andere, nur schwer näher zu bezeichnende Farbe, wenn man auf den Gedanken gekommen ist, sich einmal in das Farbenphänomen selbst zu versenken und die Auffassung des Gesehenen als Teil der Landschaft hintanzusetzen. Dann zeigt sich die störende Wirkung der subjektiven Einstellung (man erlaube diese kurze Ausdrucksweise) in hohem Grade bei den „beschatteten" und „belichteten" Oberflächenfarben. Die Einstellung auf das Subjektive diesen Farbeneindrücken gegenüber läßt sie denen ähnlicher werden, die sich nach ihrer stufenweisen Reduktion (auf die vorherrschende Beleuchtungsstärke des Gesichtsfeldes) zeigen. In geringem Grade zeigt sich ihre störende Wirkung auch für die Oberflächenfarben, die sich in einem Gesichtsfeld von allgemein herab- oder heraufgesetzter Beleuchtungsstärke befinden. Die Farbeneindrücke zeigen sich dabei hinsichtlich ihrer Farbwerte etwas nach der Richtung verschoben, nach der ihre Farbwerte bei Reduktion auf eine normale Beleuchtungsstärke verschoben erscheinen würden. So löst sich die Dunkelheit, die auf einem im Hintergrund des Zimmers befindlichen weißen Papier zu liegen scheint, bei dem Gerichtetsein der Aufmerksamkeit auf das „Subjektive" des Eindrucks weniger von dem Weiß los als bei einer ungezwungenen Betrachtung des Farbenträgers, d. i. das Papier; die Farbe des Papieres erscheint infolgedessen dunkler. Es ist aber andererseits zu betonen, daß die Wirksamkeit der besonderen Aufmerksamkeitsrichtung weder letzteren Falles noch in den Fällen von Beschattung und Belichtung je so weit geht, die Farbeneindrücke ganz wie nach Reduktion auf eine normale Beleuchtung erscheinen zu lassen. Normal beleuchtete Oberflächenfarben erweisen sich gegenüber einem verschiedenen Verhalten der Aufmerksamkeit in den Momenten ihrer Farbmaterie als invariabel oder, richtiger gesagt, als nicht stärker variabel als Flächenfarben.[1]

[1] Wir unterlassen es, in dem vorliegenden Zusammenhang auf die

Die objektive Einstellung der Aufmerksamkeit, d. h. die Betrachtung der Farben als Qualitäten der Außenwelt, ist mehr die im gewöhnlichen Leben geübte, die subjektive wird häufiger bei wissenschaftlicher Betrachtung innegehalten. Es liegt nahe, die letztere als die kritische, die erstere als die unbefangene zu bezeichnen, so wie wir es gelegentlich auch getan haben. Es ist aber zu bedenken, daß sich auch mit der objektiven Einstellung ein kritischeres Verhalten verbinden kann, wenn man unter einem kritischeren Verhalten ein einem flüchtigen Verhalten entgegengesetztes versteht. Das Erwägen der Beleuchtungsverhältnisse, wie wir es oben (S. 171) antrafen, entspricht einem objektiven kritischen Gerichtetsein der Aufmerksamkeit. Es muß noch erwähnt werden, daß die Beobachter, wenn man sie im allgemeinen dazu auffordert, sich bei der Betrachtung von nicht normal beleuchteten Oberflächenfarben möglichst kritisch zu verhalten, oder wenn sie spontan die Absicht fassen, sich kritisch zu verhalten, leicht die subjektive Einstellung der Aufmerksamkeit wählen.

Fragen wir nun, wie SPEARMAN in seinen Versuchen die Wirkung der besonderen Aufmerksamkeitsrichtungen erklärt. Ihm ist die Lagewahrnehmung ein Produkt mit verschiedenen Teilbestimmungen. „Konzentration der Aufmerksamkeit hat die besonders leicht irreführende Wirkung, daß sie solche Vorstellungsfaktoren verdrängt, die nicht für sich auffaßbar sind.“ (A. a. O. S. 488.) Dazu gehören die „artikularen“ Bestimmtheiten, welche in der Genese der Lagewahrnehmung relativ spät ihren die Berührungsempfindungen transformierenden Einfluß ausüben. Die Konzentration der Aufmerksamkeit auf die subjektive Seite der Wahrnehmungserlebnisse läßt den peripheren Eindruck mehr zur Geltung kommen, indem sie die aus der individuellen Erfahrung gewonnenen, auf die Objektivität unserer Umgebung bezüglichen Vorstellungselemente („zentrale kompensatorische Vorstellungsfaktoren“ a. a. O. S. 476) zurückdrängt. Es liegt nahe, diese Anschauung auch gegenüber unseren Farbenwahrnehmungen geltend zu machen. Die Gliederung, die sich innerhalb der Oberflächenfarben verschiedener Erscheinungsweise nach dem Grad der Störung durch die subjektive Einstellung der Aufmerksamkeit ergibt, deutet auf gewisse genetische Beziehungen dieser Farbenerlebnisse hin. Diejenigen Farbenwahrnehmungen, welche die stärkste Umformung durch die Hand der Erfahrung erlitten haben, werden vermutlich der Störung am leichtesten ausgesetzt sein; sie müssen in dieser Hinsicht die stärkste Labilität verraten. Diejenigen Farbenerlebnisse, welche am wenigsten durch die indivi-

---

bislang meist untersuchten Wirkungen einzugehen, welche ein verschiedenes Verhalten der Aufmerksamkeit auf Farbeneindrücke ausübt.

duelle Erfahrung verändert worden sind, werden die geringste Labilität zeigen. Wenn es gestattet ist, auf dem Boden dieser Ansicht eine Reihe anzugeben, welche zum Ausdruck bringt, in welchem Grad die im Bewußtsein des Erwachsenen vorkommenden Farbenerlebnisse durch die individuelle Erfahrung beeinflußt sind, so wären an erster Stelle die Farbenerlebnisse zu nennen, in welche Gedächtnisfarben hineinspielen. Dann kämen die beschatteten und belichteten Oberflächenfarben. Ihnen würden sich die Oberflächenfarben eines Gesichtsfeldes anschließen, welches in seinem ganzen Umfang eine nicht-normale Beleuchtung besitzt. Die normal beleuchteten Oberflächenfarben müssen, sofern sie überhaupt eine Genese hinter sich haben, eine so geringe Umformung durch die Erfahrung erlitten haben, daß sich diese gegenüber dem hier verwandten Kriterium nicht äußern kann. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, stehen die normal beleuchteten Oberflächenfarben den Flächenfarben am nächsten.

Wir würden auf Grund der hier angestellten Betrachtungen allein nicht behaupten, daß die von uns angegebene Reihe wirklich angibt, in welchem Grade die angeführten Farbenerlebnisse von der Erfahrung beeinflußt sind. Die Labilität eines Farbeneindrucks wird nicht nur davon abhängen, in welchem Grade er durch die Erfahrung verändert worden ist. Wir dürfen dabei vor allem nicht übersehen, daß auch solche Farbenerlebnisse, die eine ganz beträchtliche Umformung durch die Erfahrung hinter sich haben, doch der zersetzenden Kraft der Aufmerksamkeit einen hohen Widerstand leisten können, weil sie infolge der Häufigkeit, mit der sie durch die Hand der Erfahrung gegangen sind, tief im nervösen Mechanismus verwurzelt sind. Aber auch das „Alter" der Farbenschöpfungen dürfte auf ihre Widerstandskraft nicht ohne Bedeutung sein.[1] Von der Labilität der Gedächtnisfarben von Individual-

[1] Ob sich von den soeben mitgeteilten Tatsachen aus Brücken nach gewissen Tatsachen schlagen lassen, die bei progressiven Am-

gegenständen, deren Genese wir verfolgen können, überzeugen wir uns leicht. So vermag sich die Gedächtnisfarbe eines neu angeschafften Kleidungsstückes (Anzug, Hut, Handschuhe) in kürzester Zeit auszubilden. Glaubt man bei unbefangener Betrachtung der Gegenstände ihre Gedächtnisfarbe selbst unter künstlicher Beleuchtung noch wahrzunehmen, so schlägt der Farbeneindruck unter Umständen sogar in die komplementäre Farbe um, wenn man die Aufmerksamkeit auf die Farbe selbst konzentriert.

Ein hemmender Einfluß der subjektiven Einstellung der Aufmerksamkeit scheint auch im Gebiete der Farben primär verschiedener Erscheinungsweise nachweisbar zu sein. So habe ich stets ein Zurückgehen des Glanzcharakters wahrgenommen, wenn ich mich dem ihn veranlassenden Farbeneindruck selbst zuwandte und nicht so sehr auf den glänzenden Gegenstand achtete. Auch die Eindrücke der Raumhaftigkeit und Durchsichtigkeit von Farben sind bei unbefangener auf die Objekte gerichteter Betrachtung am deutlichsten vorhanden. Diese Beobachtungen wären in gleicher Weise für eine Ausdeutung in genetischer Beziehung zu verwerten.

Es wäre erwünscht, die Anwendbarkeit des auf Grund der von Spearman und der von mir erhaltenen Versuchsresultate aufstellbaren Prinzips auf Wahrnehmungsverhältnisse in anderen Sinnesgebieten zu prüfen. In den Theorien zur Erklärung der geometrisch-optischen Täuschungen spielen zentrale Faktoren bekanntlich eine nicht unbedeutende Rolle.[1] In diesem Falle sollte also Konzentration der Aufmerksamkeit auf das Täuschungsmotiv die Täuschung selbst zurückgehen lassen.[2] Das trifft tatsächlich zu, „längere und sorgfältige Analyse der Figuren läßt die Täuschung zurückgehen" (Wirth a. a. O. S. 166). „Bei häufig wiederholter Betrachtung nimmt die täuschende Kraft der Muster allmählich ab."[3] Hierzu darf ich vielleicht bemerken, daß manche der in dieser Arbeit erwähnten Farbenphänomene das Merkwürdige, welches sie für viele

nesien beobachtet werden (vgl. Th. Ribot. Das Gedächtnis u. seine Störungen. Hamburg und Leipzig 1882. S. 72 ff.), muß hier dahingestellt bleiben.

[1] Vgl. hierzu W. Wirth Die experimentelle Analyse der Bewußtseinsphänomene. Braunschweig 1908. S. 158 ff.

[2] Hierher gehört auch die Angabe Claparèdes über den Rückgang der Größentäuschung des Mondes bei aufmerksamer Betrachtung. „Le fait de concentrer mon attention sur cette dimension avait empêché l'illusion de se manifester." A. a. O. S. 141.

[3] H. Ebbinghaus. Grundsätze der Psychologie, Bd. 2, 1. Lieferung, Leipzig 1908. S. 80.

Beobachter bei erstmaliger Demonstration besitzen, später verlieren und daß sie für mich bei weitem nicht mehr die frühere Deutlichkeit besitzen.

§ 19. Monokulare Betrachtung beschatteter Oberflächenfarben. Ein neues Verfahren quantitativer Reduktion.

Wir haben bei den Versuchen mit verkürzter Betrachtungszeit die weniger präzise Erfassung der räumlichen Verhältnisse mit dafür verantwortlich gemacht, daß die Verkürzung quantitativ reduzierend wirkte. Trifft diese Erklärung zu, so müssen sich auch andere Betrachtungsweisen nicht normal beleuchteter Oberflächenfarben, welche die Erfassung der räumlichen Verhältnisse, unter denen sich die Oberflächenfarben darbieten, erschweren, als quantitativ reduzierend herausstellen. Dies müßte z. B. für den Fall gelten, daß wir die monokulare an die Stelle der binokularen Betrachtung setzen, die wir bis jetzt fast für alle Betrachtungen anwandten. Betrachte ich die vom Tageslicht oder künstlichen Licht schwach beleuchtete hellgetünchte Wand im Hintergrund eines Zimmers, so gewinne ich bei monokularer und binokularer Betrachtung einen deutlich verschiedenen Helligkeitseindruck. Gehe ich von binokularer zu monokularer Betrachtung über, so tritt eine Verdunklung der Wand ein. Letzteren Falles will sich die Dunkelheit, die ich vorher von der Weißlichkeit der Wand wohl gesondert wahrnahm, nicht mehr recht von der Wand loslösen. Betrachte ich zuerst monokular, darauf binokular, so ist die Aufhellung, die ich nun konstatiere, eher deutlicher als im entgegengesetzten Fall die Verdunklung. Dabei macht man die weitere Beobachtung, wie kleine Unebenheiten der getünchten Wand, Verschiedenheiten in ihrer lokalen Färbung jetzt deutlicher werden. Für mich machen sich, wenn es sich um die Betrachtung wenig Licht ausstrahlender Farbenflächen handelt, bei monokularer Betrachtung gewisse entoptische Erscheinungen, wie z. B. Lichtnebel und schnell durch das Gesichtsfeld schießende Lichtpunkte, in stärkerer Weise geltend als bei binokularer Betrachtung. Bei diesen Beobachtungen muß man darauf achten, daß für beide Augen das störende sklerotikale Licht ausgeschaltet ist. Um dies zu erreichen, nimmt die Vp. neben einer Wand Platz, durch welche das seitliche Licht fast ganz fern gehalten wird. Ferner wird eine solche Stellung des Beobachters vorausgesetzt, daß die betrachtete Farbenfläche beiden Augen wesentlich gleiches und

gleichstarkes Licht zusendet, sodaß man bei monokularer Betrachtung mit dem linken und mit dem rechten Auge den gleichen Farbeneindruck erhält. Da die Versuche auch unter solchen Bedingungen die erwähnten Resultate ergeben, so erscheint es von vornherein ziemlich aussichtslos, an die Änderungen des Farbeneindrucks, die eintreten, wenn man von der monokularen zur binokularen oder von der binokularen zur monokularen Betrachtung übergeht, diejenigen Erklärungsweisen heranzubringen, mit denen man den FECHNERschen paradoxen Versuch in Verbindung gebracht hat.[1] Die von mir mitgeteilten Beobachtungsresultate hängen weder für mich noch für andere, bei denen sie sich mit gleicher Deutlichkeit einstellen, der Qualität nach von der Verschiedenheit der beiden Augen ab, insofern eine Aufhellung der nicht normal beleuchteten Oberflächenfarben eintritt, gleichgültig, ob man von der monokularen Betrachtung mit dem linken oder dem rechten Auge ausgeht. Ein gewisser Unterschied des Deutlichkeitsgrades zeigt sich für mich insofern, als die Aufhellung beträchtlicher ist, wenn das vordem geschlossene rechte Auge geöffnet wird. Mein rechtes Auge, dessen Bild bei binokularem Sehen eine stärkere Berücksichtigung findet, sieht die Farben etwas heller als das linke.[2] Die Frage, ob hier bei binokularer Betrachtung die Reizaddition im Spiele sein könnte, die H. PIPER[3] für den Fall des dunkeladaptierten Auges konstatiert hat, muß verneint werden. Denn es kommt bei unseren Beobachtungen eine Daueradaptation gar nicht in Frage.

---

[1] FECHNER, S. 416 ff. Es wäre gut, wenn die den paradoxen Versuch betreffenden Beobachtungen FECHNERS im Hinblick auf die Versuche unserer Arbeit wiederaufgenommen würden. Denn wir dürfen wohl sagen, daß dessen Beschreibung bei FECHNER nicht vollständig gegeben worden ist. Bei Betrachtung durch ein Rauchglas erfahren die Farben der Objekte nicht einfach eine seinem Verdunklungswert entsprechende Verdunklung, sondern sie erscheinen gleichzeitig unter herabgesetzter Beleuchtung. Also nicht binokular gegebene Farbenempfindungen, die nur verschieden hell sind, werden bei FECHNERS Versuch kombiniert, sondern binokular gegebene Oberflächenfarben, die sich unter verschiedener Beleuchtung zu befinden scheinen. Auch für die Deutung des paradoxen Versuchs wären unter dem neuen Gesichtspunkt angestellte Versuche nicht belanglos.

[2] Die Prüfung fand mit HERINGS Apparat zur Einstellung binokularer Farbengleichungen statt. Arch. f. Ophthalm. Bd. 36, 1890.

[3] Zeitschr. f. Psych. Bd. 31, 1903, S. 201. E. WÖLFFLIN hat eine solche Reizaddition bestritten. Arch. f. Ophthalm. Bd. 61, 1905.

Nun ist ja aber die Aufhellung von Farben normaler Beleuchtung bei binokularer Betrachtung eine ziemlich bekannte Tatsache und bereits von FECHNER u. a. konstatiert worden, sodaß sie auch bei nicht normal beleuchteten Farben nicht so merkwürdig erscheinen darf. Wir wollen aber nicht vergessen, daß die von FECHNER beobachtete Änderung (wir wollen sie kurz als Änderung von FECHNERschem Typus bezeichnen) von einer solchen Größenordnung ist, daß nicht einmal alle Beobachter sie zu konstatieren vermögen, daß sie für viele als mit Öffnung (Schließung) des zweiten Auges nur vorübergehende Aufhellung (Verdunklung) der Farben zu bemerken ist.[1] Dagegen sind die Änderungen bei unseren Beobachtungen von Dauer und von einer recht beträchtlichen Größe, wie man aus den unten mitgeteilten Zahlenwerten entnehmen mag. Daß diese Änderungen überhaupt von anderem Typus sind, dafür spricht vor allen Dingen der Umstand, daß die binokulare Betrachtung belichteter Oberflächenfarben diese sicher nicht heller, sondern meist dunkler erscheinen läßt als die monokulare Betrachtung. Damit solche bei abwechselnd monokularer und binokularer Betrachtung einsetzende Helligkeitsänderungen von Farben, die von dem FECHNERschen Typus sind, möglichst ohne Einfluß auf unsere Versuchsresultate blieben, ließ ich bei den folgenden messenden Versuchen beide zu vergleichenden Farbenflächen entweder monokular oder binokular betrachten.

Die unten mitgeteilten Versuche fanden im Anschluß an die Versuche mit Variation der Betrachtungszeit statt. Die Versuche mit der Betrachtungszeit t_4 wurden bei monokularer Betrachtung wiederholt (vgl. S. 202).

Vp. K

Binokulare Betrachtung	Wert II	Scheibe B_1	=	56,4° W	
Monokulare „	„ II	„ B_1	=	23,2° W	

	H-Werte	Q-Werte
Binokular	0,17	4
Monokular	0,08	1,9

Vp. P

Binokulare Betrachtung	Wert II	Scheibe B_1	=	92,9° W
Monokulare „	„ II	„ B_1	=	54,8° W

	H-Werte	Q-Werte
Binokular	0,27	6,4
Monokular	0,15	3,9

[1] Vgl. hierzu FECHNER, S. 423 ff.

Wir ersehen aus den Resultaten, daß die Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse bei monokularer Betrachtung ganz beträchtlich zurückgeht. Der Quotient Q, der die Aufhellung durch das innere Auge charakterisiert, beträgt für beide Vpn bei monokularer Betrachtung ungefähr die Hälfte wie bei binokularer Betrachtung. Wir haben darauf verzichtet, das Zurücktreten der zentralen Faktoren bei monokularer Betrachtung auch noch für Oberflächenfarben anderer Erscheinungsweisen hier messend zu prüfen; es bietet sich dazu später im Anschluß an andere Versuche Gelegenheit (§ 30). Wir glauben aber bereits hier sagen zu können, daß unsere Versuche eine neue Funktion des Doppelauges aufgedeckt haben, nämlich die Funktion, das Wiedererkennen von Oberflächenfarben nicht-normaler Beleuchtung zu unterstützen.

Die neue von uns ermittelte Funktion des Doppelauges dürfte zu erklären sein aus der besseren Erfassung der räumlichen Verhältnisse bei binokularer Betrachtung. Die Wahrnehmung der Beleuchtungsverhältnisse ist ohne Erkennung der Entfernung und Orientierung der Oberflächenfarben in bezug auf den Beobachter und die Lichtquellen erschwert. Diese räumlichen Beziehungen werden nun bei binokularer Betrachtung mit weit größerer Sicherheit erkannt als bei monokularer. Es müssen also die zentralen Faktoren, die aus dem Überblick über die Beleuchtungsverhältnisse entspringen und auf das Farbensehen Einfluß gewinnen, bei binokularer Betrachtung von höherer Wirkung sein als bei monokularer Betrachtung. Ich will nicht sagen, daß nicht noch andere Einflüsse hier wirksam seien. Vielleicht macht sich das Bewußtsein der Gegenständlichkeit, das bei binokularer Betrachtung deutlicher ist, dahin geltend, den Eindruck, Oberflächenfarben vor sich zu haben, zu verstärken. Dieser Umstand kann eine stärkere Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse herbeiführen.

Daß Glanz binokular deutlicher ist als monokular, ist so offenbar, daß man bisweilen das Vorkommen monokularen Glanzes überhaupt in Frage stellen konnte. Raumhafte Farben sind nur bei binokularer Betrachtung deutlich, was auch sehr wahrscheinlich durch die bessere Erfassung der räumlichen Verhältnisse bei binokularer Betrachtung bedingt ist. Leuchtende Farben sind bei monokularer und binokularer Betrachtung gleich gut wahr-

zunehmen. Auch hieraus scheint, was wir bereits auf S. 27 erwähnten, zu folgen, daß für sie deutliche Raumhaftigkeit nicht wesentlich ist. Die Durchsichtigkeit von Farben geht unter monokularer Betrachtung zurück.

Es mag an dieser Stelle einiger Verfahrungsweisen Erwähnung geschehen, die bei binokularer Betrachtung einen quantitativ reduzierenden Einfluß ähnlicher Stärke ausüben wie die monokulare Betrachtung. Es ist ein den Malern bekanntes Verfahren, den Kopf zu neigen oder unter dem Arm hindurch in die Landschaft zu blicken, wenn sie, um von Erfahrungsmotiven aller Art nicht beeinflußt zu werden, die auf die Leinwand zu setzenden Farbenwerte von durch die Luftperspektive veränderten Farben entfernter Gegenstände erkennen wollen. Dieses Verfahren stört den Überblick über die Beleuchtungsverhältnisse und hindert das Erkennen von Gegenständen; aus diesen beiden Gründen werden die zentralen Faktoren zurückgedrängt und die Netzhauterregung kommt mehr zu ihrem Rechte.[1] Ähnliche Verfahrungsweisen können wir nun bei unseren nicht normal beleuchteten Oberflächenfarben einschlagen, um die präzise Wahrnehmung der Orientierung und Lokalisation der Farbenflächen und die damit einhergehende Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse zu erschweren. Dieses Ziel wird z. B. erreicht, wenn die Versuchsperson den Kopf stark seitlich neigt oder die Anordnung in einem Planspiegel betrachtet, der, passend gehalten, diese selbst um einen bestimmten Winkel aus ihrer Lage herausgedreht erscheinen läßt.

§ 20. Die pupillomotorischen Valenzen verschieden stark beleuchteter Oberflächenfarben.

Man hat sich bisher bei der Bestimmung der pupillomotorischen Valenzen von die Netzhaut treffenden Lichtern auf die Vergleichung der Valenzen von Lichtern gleicher Erscheinungsweise beschränkt.[2] Ich hielt es im Interesse einer gewissen Vollständigkeit der vorliegenden Arbeit auch nach dieser Richtung

[1] Es kann an dieser Stelle unberücksichtigt bleiben, wieweit bei solchen verkehrten Kopfhaltungen noch farbige Änderungen von der Art eintreten, wie sie E. R. Jaensch (Jaensch II, S. 5 f.) beschrieben hat.

[2] Vgl. z. B. M. Sachs, Pflügers Archiv Bd. 52, 1892. G. Abelsdorf, Zeitschr. f. Psych. Bd. 22, 1900.

für angebracht, einige Beobachtungen über die pupillomotorischen Valenzen von Oberflächenfarben sekundär verschiedener Erscheinungsweise anzustellen.

Von zwei tonfreien Flächenfarben oder Oberflächenfarben gleicher Beleuchtung hat jedesmal die hellere auch die größere pupillomotorische Wirkung, indem diese der intensiveren Bestrahlung der Netzhaut parallel geht. Wie verhalten sich nun die pupillomotorischen Valenzen zweier Farbeneindrücke, denen dieselbe Netzhauterregung zugrunde liegt, die aber subjektiv deutlich verschieden erscheinen, weil dabei zentrale Faktoren verschiedener Art das Sehen beeinflussen. Ist die pupillomotorische Valenz nur eine Funktion der einfallenden Lichtmenge oder gewinnen bei Farbeneindrücken, die unter der Mitwirkung zentraler Faktoren zustandekommen, auch diese letzteren auf die pupillomotorische Valenz einen Einfluß? Diese Frage ist natürlich berechtigt, da bekanntlich das Pupillenspiel psychischen, d. h. zentralen Einflüssen im allgemeinen nicht entzogen ist. Wir erinnern an den O. Haabschen Hirnrindenreflex der Pupille (der allerdings von manchen Seiten bestritten worden ist).[1] Wir erinnern weiter daran, daß nach J. Piltz schon die Vorstellung von schwarzen und weißen Gegenständen Änderungen der Pupillengröße zur Folge haben kann, welche den durch die Wahrnehmung der Körper selbst ausgelösten entsprechen.[2] Es ist also von vornherein um so mehr zu erwarten, daß die unmittelbare Wahrnehmung eines Körpers als „schwarz" oder „weiß" bei gleichbleibender Netzhautreizung das Pupillenspiel beeinflusse.

Versuchsverfahren. Es kam unsere Versuchsanordnung II (S. 100) zur Verwendung. Auch die Dimensionen der Scheiben A und B waren die gleichen wie früher.[3] Die meisten feineren Pupillometer, die aus klinischen Bedürfnissen erwachsen sind, bringen das zu untersuchende Auge erst unter eine künstliche Beleuchtung, da es bei den klinischen Beobachtungen mehr auf die Eigentümlichkeiten des Pupillen*spiels* selbst ankommt,

---

[1] Vgl. hierzu F. B. Hofmann, Ergebnisse der Physiol. 2. Jahrg. 2. Abt. Wiesbaden 1903, S. 808 f. sowie Bach, S. 58.

[2] Diese beiden Reflexe bezeichnet O. Schwarz als Großhirnlichtreflexe. Die Funktionsprüfung des Auges. Berlin 1904. S. 214.

[3] Von den beiden Scheiben wurden also ungefähr die nach C. Hess' Untersuchungen als pupillomotorisch wirksam anzusehenden Bezirke der Netzhaut getroffen. Arch. f. Augenheilkd. Bd. 58, 1907.

weniger auf dessen Beziehungen zu den Reizen. Für unsere Versuche, die dazu binokular angestellt werden sollten, wäre von vornherein nur ein Vergleichspupillometer [1] in Frage gekommen. Von diesen stand mir das von F. F. Krusius konstruierte zur Verfügung. Da es mir aber nicht auf Messung der absoluten Größen der Pupillendurchmesser, sondern nur auf etwaige Änderungen ankam, welche bei abwechselnder Betrachtung der Scheiben A und B eintreten würden, so ging ich dazu über, das Pupillenspiel der Versuchsperson, an deren Seite ich, ohne sie in der Betrachtung der Scheiben zu stören, Platz nahm, direkt zu beobachten.[2] Ich suchte mir solche Vpn aus, deren hellgefärbte Iris die Beobachtung des Pupillenspiels erleichterte und deren Pupillenspiel überhaupt eine besondere Lebhaftigkeit aufwies. Konvergenz- und Akkommodationsänderungen sind bei Einstellungen der Augen von größeren Entfernungen bis auf 1,5 m nicht mit Änderungen der Pupillenweite verbunden; erst bei Änderungen innerhalb des Gebietes unter 1 m machen sich überhaupt Pupillenänderungen bemerkbar.[3] Beobachtet wurden die Pupillen bei den Herren Hofmann, Donath und Fräulein Dr. Kahn.

Versuch a. Auf der Scheibe A sind 360° W eingestellt. Scheibe B ist ihr qualitativ gleich gemacht. Wandert der Blick von A nach B, so tritt eine Pupillenverengerung ein. Bei umgekehrter Wanderung erweitert sich die Pupille etwas weniger.

Versuch b. Auf der Scheibe A sind 360° W eingestellt. Scheibe B wird so eingestellt, daß sie gleich viel Licht wie A aussendet. Wandert der Blick von A nach B und umgekehrt, so läßt sich keine Änderung der Pupille konstatieren. Es braucht kaum gesagt zu werden, daß bei dieser Einstellung die Scheiben subjektiv sehr verschieden, A nämlich hellgrau, B schwarzgrau erscheinen. Bietet man den Vpn auf zwei gleich stark (z. B. normal) beleuchteten Papieren eine Helligkeitsdifferenz der hier vorhandenen Größe, so macht sich dieselbe im Pupillenspiel deutlich bemerkbar.

---

[1] Eine vollständige Zusammenstellung der Pupillometer findet man in der Arbeit von Bach.

[2] Versuche, die Pupille photographisch aufzunehmen, schlugen wegen der für solche Aufnahmen ungünstigen Beleuchtung fehl. Von Blitzlichtaufnahmen sah ich aus verschiedenen Gründen ab, die ich hier der Raumersparnis halber nicht erörtern möchte.

[3] Siehe die Anm. auf S. 84.

Da die zentrale Beeinflussung bei weißen Oberflächenfarben herabgesetzter Beleuchtung relativ am größten ist, waren wir der Mühe überhoben, die Versuche für andere Glieder der S-W-Reihe zu wiederholen. Wenn überhaupt ein zentraler Einfluß der vermuteten Art auf die Pupillenbewegung vorhanden ist, muß er sich hier bemerkbar machen. Wenn wir uns auch nicht verhehlen, daß bei der Grobheit unserer Methode leicht kleinere Änderungen der Pupillenweite der Beobachtung entgehen konnten, so berechtigen uns unsere Versuche doch zu der Aufstellung des Satzes: Die pupillomotorischen Valenzen verschieden stark beleuchteter Oberflächenfarben bestimmen sich nach der Stärke der sie auslösenden Netzhautprozesse und scheinen von zentralen Faktoren, welche die zentripetalen Nervenerregungen beeinflussen, wesentlich unabhängig zu sein.

§ 21. Über chromatische Eigentümlichkeiten von Oberflächenfarben bei nicht-normaler Beleuchtung.

Wir gehen hier auf einen Punkt näher ein, der von Anfang an mein Interesse bei der Untersuchung nicht normal beleuchteter Oberflächenfarben in hohem Grade erregte. Wir haben im Vorhergehenden verschiedentlich Gelegenheit gehabt, darauf hinzuweisen, daß Oberflächenfarben bei nicht-normaler Beleuchtung, auch wenn es sich um Papiere handelte, die man bei normaler Beleuchtung als schlechtweg tonfrei bezeichnen würde, unter gewissen Umständen deutliche Buntfärbungen aufwiesen, wobei sich ihre Buntheit in einer ausgeprägten Weise nur nach ihrer vollständigen Reduktion geltend machte. Bisher berücksichtigten wir bei der Diskussion aller unserer Resultate nur die W-Valenzen der bunten Sektoren, soweit solche eingestellt waren; hier wollen wir die chromatischen Änderungen selbst näher prüfen. Wurde eine weiße Scheibe, die sich im Hintergrund des Zimmers befand, nach vollständiger Reduktion betrachtet, so zeigte sie unzweifelhaft einen orangefarbigen Ton. In der Beurteilung der Buntfarbigkeit eines solchen reduzierten Farbeneindrucks herrschte vollständige Einstimmigkeit verschiedener Beobachter, was sich sowohl in der Farbenbenennung kundgab als wie in der Einstellung von Gleichungen nach Reduktion. Wir erinnern daran, daß in unseren bisher mitgeteilten Versuchen

die Gleichungen zwischen reduzierten Eindrücken stets allgemeine Anerkennung fanden, und es ist vielleicht gut, hier ausdrücklich hervorzuheben, daß sich diese Anerkennung auch auf den bunten Charakter der Glieder der Gleichungen bezog.

Soll eine im Hintergrund des Zimmers befindliche weiße Scheibe vor der Reduktion auf ihren Farbenton beurteilt werden, so fallen die Aussagen der Beobachter verschieden aus. Wohl die Majorität, vor allem aber die in der Beurteilung von Farben Ungeübten oder wenig Geübten geben ihn schlechtweg als weiß an. Dringt man bei ihnen darauf, doch eine bunte Farbe zu nennen, so geben sie wohl die Aussage: vielleicht gelblich. Andere nennen als Farbenton sofort ein warmes rötliches Gelb, und wieder andere erklären, daß die Farbe kein reines Weiß oder Grau sei, ohne doch eine bestimmte Buntheit angeben zu können. Mehr durch Exklusion, durch die Feststellung, daß die Buntheit nicht Blau und nicht Grün sei, kommen sie dazu, sie als Gelb oder Rotgelb zu bezeichnen. Gewisse Buntfarbigkeiten erschienen bei diesen Beobachtungen von so unbestimmtem und auch wechselndem Charakter, daß ich das Vorhandensein mir noch unbekannter Fehlerquellen argwöhnte und darum lange schwankte, ob ich über diese Versuche berichten oder gar bestimmte Zahlenwerte angeben sollte. Wenn ich mich doch dazu entschloß, dies für die unzweifelhaften Beobachtungen zu tun, so geschah es, weil ich, wenn auch erst längere Zeit nach Abschluß der Versuche, erkannte, daß die hier angetroffenen Schwierigkeiten im Wesen dieser Versuche liegen (vgl. Kap. III). Mit den numerischen Angaben wollte ich dem Leser, der die Versuche nachprüfen möchte, eine konkrete Unterlage für den Vergleich mit meinen eigenen Versuchen geben.

Versuche. Verwendung der Versuchsanordnung III (S. 119) mit stärkster Beschattung von $B_2 = 360^0$ W. Bei Betrachtung durch den Doppelschirm erhalten wir folgende Einstellung.

Einstellung I. $B_1 = 5^0$ Orange 9^0 Gelb 346^0 Schwarz.[1]

Bei dieser Einstellung, welche ich selbst mit größter Sorgfalt vorgenommen habe, spreche ich die Farbe von B_1 und B_2 als deutlich braun (rotbraun) an. Schiebe ich nun den

[1] Es liegt in der Natur der Sache, daß wir hier peinlich auf Gleichheit der Buntfarbigkeit achteten, während wir bei den bisherigen Einstellungen mehr Gleichheit der Helligkeit erstrebten.

Doppelschirm hoch, so bleibt die Farbe von B_1 unverändert, d. h. man sieht ein Braun von der gleichen Deutlichkeit wie bei der Betrachtung durch den Doppelschirm. Dagegen ändert sich der Eindruck von B_2 ganz beträchtlich. Wir sehen von der Aufhellung der Scheibe B_2 zu Weiß oder Hellgrau ab, die uns augenblicklich nicht interessiert; wir richten unsere Aufmerksamkeit nur auf ihre Buntfarbigkeit, und da können wir sagen, daß die Scheibe B_2 die Bezeichnung „deutlich braun" nicht mehr erlaubt. Die Farbenbezeichnung der Scheibe B_2 bereitet bei der Betrachtung ohne Schirm allen Beobachtern zum mindesten Schwierigkeiten, sofern überhaupt eine bestimmte Buntheit erkannt wird. Was meine eigene Beurteilung der Buntheit der Scheibe B_2 bei direkter Betrachtung angeht, so verhält es sich damit wie folgt: Am ehesten möchte ich sagen, daß wie ein feiner grauer Schein über der Scheibe von g e l b l i c h e m Tone liegt; die Farbe des Scheins besitzt größere Labilität als die gelbliche Farbe der Scheibe, sie ändert sich leicht während der Betrachtung. Vielleicht darf ich noch sagen, daß ich von einem r ö t l i c h e n Tone nichts bemerke, während die nach der Reduktion erscheinende braune Farbe einen r ö t l i c h e n Einschlag besitzt. Soll ich noch ein Urteil über den Gefühlston der Farbeneindrücke abgeben, so gilt, daß B_2 nach der Reduktion von wärmerem Charakter ist als vor derselben, daß man aber auch in letzterem Falle einen warmen Gesamteindruck erhält. Der Beschreibung, welche ich von der Buntheit der Scheibe B_2 vor und nach der Reduktion gegeben habe, kommt am nächsten die von Herrn Dr. Westphal. Es ist vielleicht kein Zufall, daß wir beiden die Beobachter waren, welche sich aus Liebhaberei etwas mit Malen beschäftigen. Herr Dr. Westphal gibt noch an, daß er zur Darstellung der Scheibe B_2 auf der Leinwand Chamois wählen würde. Die meisten Vpn, denen ich die Einstellung I ohne Schirm zeigte, bezeichneten B_2 als Weiß ohne ausgesprochene Buntheit. Es gilt demnach, wenn wir das Allgemeine dieser Beobachtungen herausgreifen: Eine beschattete Oberflächenfarbe, die nach Reduktion als deutlich braunrot angesprochen wird, hellt sich bei direkter Betrachtung nicht nur in der früher ausführlich besprochenen Weise zu hellgrau oder gar weiß auf, sondern kann dabei auch sehr beträchtlich von ihrer Buntheit einbüßen oder sie ganz verlieren.

Damit B_1 bei direkter Betrachtung beider Scheiben unter B e i b e h a l t u n g i h r e r H e l l i g k e i t von möglichst

gleicher Sättigung wie B_2 erschien, mußte ich B_1 wie folgt einstellen.

Einstellung II. $B_1 = 7^0$ Weiß 1^0 Orange 3^0 Gelb 349^0 Schwarz.

Ich brauche kaum zu sagen, daß hiermit keine volle Buntheitsgleichung erreicht ist; es kann sich wegen der Kompliziertheit und Labilität des Farbeneindrucks von B_2 nur um möglichste Annäherung an die Buntheitsgleichung handeln. Aus dieser Einstellung ist zu ersehen, daß in dem buntfarbigen Gesamteindruck von B_2 ein gelber Grundton vorherrscht. Für einen Leser, der mit der Farbenmischung vermittels MAXWELLscher Scheiben wenig vertraut ist und der beim Vergleich der Einstellungen I und II schließen zu können glaubt, daß die vorhandenen Differenzen der chromatischen Sektoren doch nicht von beträchtlichem Effekt sein könnten, sei darauf hingewiesen, daß die chromatischen Zusätze bei Einstellung I zu $5{,}8^0$ W, bei Einstellung II zu $12{,}8^0$ W hinzukommen.

Betrachtet man die Scheibe $B_1 = 360^0$ S durch den reduzierenden Schirm, so erscheint sie grau mit einem grünlichblauen Anflug.[1] Es war von Interesse, zu erfahren, in welcher Weise man die Scheibe B_2 verändern müsse, damit sie bei Reduktion im Farbenton dem der Scheibe B_1 möglichst gleich würde. Durch welchen Zusatz von Blau und Grün läßt sich die braunrote Färbung von B_2 kompensieren? Es ergab sich für B_2 folgende Einstellung.

$B_2 = 192^0$ Blau 54^0 Grün 114^0 Weiß.

Da bei Betrachtung durch den reduzierenden Schirm B_1 noch immer etwas zu hell erschien, so hellte ich B_2 durch Erhöhung der Gesamtbeleuchtung des Zimmers so weit auf, bis eine Gleichung erzielt war. Bei direkter Betrachtung dieser Einstellung, d. h. nach Hinaufschieben des reduzierenden Schirmes, erschien mir und Herrn Dr. OHMS B_1 wie nach der Reduktion schwarz, B_2 dagegen von anderem Farbenton als nach der Reduktion, am ehesten etwas bläulich. Fräulein HEINE und Herr MAIBAUM vermochten von dieser Bläulichkeit nichts zu bemerken.

Es lag natürlich die Frage nahe, welche Änderungen der Buntheit bunte Farben statt des soeben verwendeten Weiß durch eine Beschattung erleiden würden. Bei Verwendung sehr gesättigter Farben war eine wesentliche Änderung des Farbentones bei Beschattung nicht zu konstatieren. Hier war wohl die Intensität der chromatischen Erregungen eine

---

[1] Vgl. hierzu die Anm. auf S. 168.

so hohe, daß die durch die Beschattung veranlaßten Tonänderungen dagegen nicht zur Geltung zu kommen vermochten. Ich hielt es darum nicht für zweckmäßig, Versuche über Änderungen des Farbentones bei Beschattung mit gesättigten Farben vorzunehmen. Andererseits hielt ich es aber auch nicht für methodisch richtig, mit solchen Sättigungen der Farben auf B_2 zu arbeiten, die an der Grenze der Merkbarkeit lagen. Da man nämlich mit Schwankungen der Tagesbeleuchtung rechnen muß, die während der Einstellung der beiden zusammengehörigen Gleichungen eintreten, so wird ein Gleichbleiben der Merklichkeit der bunten Farben in keiner Weise garantiert, und wir haben keine Sicherheit dafür, daß etwa konstatierte Änderungen des Farbentones nicht allein durch jene Schwankungen bedingt sind. Ich hielt es aus diesen Gründen für am zweckmäßigsten, bei diesen Versuchen mit solchen Sättigungsstufen zu operieren, die man bereits als d e u t l i c h e bezeichnen konnte. Es wurden zunächst vollständige Gleichungen nach Reduktion hergestellt; darauf wurden die erhaltenen Einstellungen ohne Doppelschirm beurteilt. Das Resultat der Versuche entsprach nicht dem erwarteten, insofern auch hier wie bei Verwendung sehr gesättigter Farben in betreff der Scheibe B_2 keine recht deutlichen chromatischen Änderungen vor und nach der Reduktion konstatiert werden konnten. Damit soll nicht gesagt sein, daß diese chromatischen Änderungen nicht noch einer eingehenden Untersuchung wert seien. Es war mir aber nicht möglich, im Hinblick auf den Arbeitsplan, dessen Ausführung mir im Interesse einer gewissen Abgeschlossenheit der vorliegenden Arbeit nötig erschien, alle die zeitraubenden Maßnahmen zu ergreifen (vor allem Herstellung einer neutralen Stimmung des Auges und planmäßige Erziehung der Beobachter in der gewünschten Apperzeption der Farben unter so schwierigen Verhältnissen), ohne die eine Durchführung dieser Versuche untunlich erschien. Ich verzichte auf die Angabe der Resultate, die möglicherweise von Fehlerquellen nicht ganz frei sind.

Bei diesen Versuchen handelt es sich um die Lösung zweier Fragen. 1. Worauf ist die Änderung des Farbentones der Oberflächenfarben bei Beschattung zurückzuführen? 2. Wie kommt die Sättigungsänderung der Farbe der beschatteten Scheiben vor und nach der Reduktion zustande? Die zweite Frage hat naturgemäß in dem Zusammenhang der vorliegenden Arbeit unser besonderes Interesse.

1. Da sich die Buntfärbung der beschatteten Scheibe stets bei herabgelassenem Schirm bemerkbar machte, so könnte man denken, daß von der Rückseite desselben reflektiertes Licht diese veranlasse. Buntfarbiges Licht, welches die beiden Scheiben trifft, könnte sich schon in verschiedenem Grade bemerkbar machen, da es von der aus weißem Papier bestehenden Scheibe B_2 weniger absorbiert wird als von der zum größeren Teil aus Tuchschwarz bestehenden Scheibe B_1. Die von der Rückseite

des Schirmes aus auf die Scheiben ausgeübte Verfärbung kann aber darum nicht von beträchtlicher Wirkung sein, weil ich diese Rückseite vollständig mit schwarzem Papier bedeckt hatte.[1] Doch wir sind mit der soeben erwähnten Vermutung sicher auf einer falschen Fährte, um die Verfärbung unseres weißen Papieres zu erklären. Diese tritt nämlich auch und dazu in stärkerem Maße bei weißen Papieren ein, die sich im Hintergrund des Zimmers befinden, wenn sich also der reduzierende Schirm in einer solchen Entfernung von der reduzierenden Farbenfläche befindet, daß er sicher keine farbenändernde Wirkung durch Reflexion von farbigem Licht auf letztere ausüben kann. Das weiße Papier, welches bei den Versuchen zur Verwendung kam, zeigte für mich an hellen Tagen mit leicht bewölktem Himmel einen Anflug von Gelb. Es wäre nicht zu verstehen, wie durch eine Herabsetzung der Beleuchtungsintensität, bei der das gesamte von dem weißen Papier ausgehende Licht eine gleichmäßige Schwächung erfährt, die Gelblichkeit stärker werden und daneben eine Rötlichkeit hervortreten sollte. Die Verfärbung unserer beschatteten weißen Papiere ist wohl folgendermaßen zu erklären. Das Tageslicht, das in Anbetracht der ihm bei unseren Versuchen angepaßten Stimmung des Auges wie ein nahezu farbloses Licht wirken mußte,[2] erfährt durch die mannigfachen Reflexionen an den Wänden und Gegenständen des Versuchszimmers eine Tönung. Der Anstrich der Wände und des Fußbodens ist bräunlich; die meisten im Zimmer befindlichen Gegenstände besitzen eine rötlichbräunliche Farbe. Die Farbe des Tageslichtes selbst muß also eine Tönung nach Rotgelb erleiden. Von diesem mannigfach reflektierten buntfarbigen Lichte wird nun die weiße beschattete Scheibe nahezu allein getroffen, da das direkte Tageslicht von der beschattenden Pappe aufgefangen wird. Ebenso muß ein weißes

[1] Da wir hier auf die Wirkung der Farbe des Schirmes auf unsere nach Reduktion erhaltenen Farbenfelder zu sprechen gekommen sind, so will ich kurz erwähnen, daß wir diese Wirkung, soweit es sich um Veränderung jener Farbenfelder durch simultanen Helligkeits- und Farbenkontrast handelt, der von der Vorderseite des Schirmes ausgeht, allerdings mit gutem Recht für beide als gleich ansehen dürfen; s. unsere Versuche über Kontrast im Abschnitt VI.

[2] Für das neutral gestimmte Auge erscheint das Tageslicht je nach den Umständen der Bewölkung und des Standes der Sonne rötlich bis bläulich. Vgl. Hering II, S. 134. Brücke, a. a. O. S. 54. v. Bezold, a. a. O. S. 275.

Papier im Hintergrund des Zimmers, das weniger von dem in seiner Farbe unbeeinflußten Tageslicht getroffen wird, eine entsprechende Buntfärbung erfahren. Daß die Herabsetzung der Beleuchtungsstärke allein nicht die bunte Farbe hervortreten läßt, wird auch dadurch bestätigt, daß eine Buntfärbung bei Betrachtung eines weißen Papieres durch einen Episkotister, der eine starke Herabsetzung der Beleuchtung bewirkt, nicht zu konstatieren ist. Wir sprachen hier zunächst nur von der Buntfärbung des Tageslichtes in unserem Versuchszimmer. Indessen gilt Ähnliches für viele andere geschlossene Räume, indem tatsächlich die meisten Wohnräume und darin befindlichen Gegenstände Farben aufweisen, die dem warmen Ende des Spektrums angehören.[1] Man kann auch in dem gelblichrötlichen Kolorit vieler Gemälde der Kabinettmalerei eine gewisse Bestätigung hierfür sehen.

2. Unabhängig davon, ob unsere Erklärung für die (objektive) Verfärbung der beschatteten Objekte zutrifft oder nicht, bleibt das zweite Problem bestehen, warum ein beschattetes Weiß, das bei vollständiger Reduktion von deutlich gelblichrötlicher Färbung erscheint, von dieser bunten Farbe bei direkter Betrachtung so viel einbüßt. Unsere folgenden Ausführungen sind also auf ihre Stichhaltigkeit hin von den unter (1) gegebenen vollständig gesondert zu beurteilen. In erster Linie ist zu prüfen, ob die hier diskutierten Erscheinungen nicht auf bekannte periphere Funktionsweisen des Sehorgans zurückzuführen sind. Einer Erwägung bedarf z. B. die Frage, ob nicht bei der direkten Betrachtung der beschatteten Scheibe, da nicht nur diese selbst, sondern auch ihre beschattete Umgebung eine Tönung besitzt, eine chromatische Umstimmung des Auges eintritt, welche die Buntfärbung selbst in dem von uns ermittelten Maße zurücktreten läßt. Damit eine starke chromatische Umstimmung des Auges eintritt, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein: die Beleuchtung muß eine gewisse Zeit hindurch umstimmend auf das Auge gewirkt haben, und sie muß die Netzhaut möglichst in ihrem ganzen Umfang getroffen haben. Diese beiden Bedingungen sind infolge der ganzen Anlage unserer Versuche auch nicht in bescheidenem Maße erfüllt. Vor allem ist die Betrachtungszeit der beschatteten Teile unserer Versuchsanordnung viel zu kurz, als

[1] Die rotbraune Farbe hat eine behagliche Wärme. Darum lieben wir es, uns mit Hausrat dieser Farbe zu umgeben.

daß sich eine chromatische Umstimmung vollziehen könnte. Während sich aber bei den beschatteten Farben noch mit einem Schein von Recht auf die chromatische Umstimmung hinweisen läßt, erscheint dieser Hinweis aussichtslos bei den Versuchen über Lichtperspektive. Denn hierbei sehen wir ja die dem Fenster nähere Farbenfläche bei direkter Betrachtung auf demselben Hintergrund wie die entferntere. Eine Umstimmung des Auges müßte also die Farben beider Farbenflächen in gleicher Weise treffen. Durch Berücksichtigung bekannter peripher-physiologischer Verhältnisse sind also unsere Beobachtungen nicht zu erklären.

Es bieten sich nun zwei Gedankengänge für ein Verständnis unserer Versuche dar. Infolge der Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse erfährt die zentripetale Nervenerregung, welche durch die beschattete Scheibe ausgelöst wird, eine beträchtliche zentrale Umformung. Die zentralen umformenden Prozesse sind vor und nach der Reduktion als verschieden anzunehmen. Es erscheint zunächst nicht ausgeschlossen, daß diese Änderung der zentralen Prozesse infolge eines angeborenen nervösen Mechanismus auf eine Schwächung der chromatischen (Rot- und Gelb-) Prozesse hinwirkt. Eine Einrichtung der hier gemeinten Art würde es auch sein, wenn die zentralen achromatischen Vorgänge eine hemmende Wirkung gegenüber den chromatischen entfalteten, wie eine solche in der Peripherie oder wenigstens mehr peripheriewärts vorzukommen scheint.[1] Dieser Erklärung der Versuche, die man als die physiologische bezeichnen könnte, weil sie sich auf angeborene nervöse Mechanismen stützen würde, steht eine solche mehr psychologischen Charakters gegenüber. Wir nehmen an, daß die beschattete Scheibe darum eine „Aufhellung“ erfährt, weil eine „Berücksichtigung ihrer Beleuchtungsverhältnisse“ stattfindet. Nun könnte das Zurücktreten der Buntheit durch einen analogen Faktor bedingt sein. Ebenso wie die Vp. unzählige Male die Erfahrung gemacht hat, daß weißes Papier bei Herabsetzung der Beleuchtung an Lichtstärke einbüßt, hat sie auch in unzähligen Fällen konstatiert, daß weißes Papier unter den besonderen Bedingungen der Beleuchtung, wie sie unsere Versuche bieten, eine rötlichgelbe Tönung erfährt. Darum wirkt eine Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse in gleicher Weise dahin, das weiße Papier nahezu

[1] Vgl. hierzu die Resultate der auf S. 9 zitierten Arbeit von G. Révész.

in seiner eigentlichen Helligkeit (weiß) wie nahezu in seiner eigentlichen Buntheit (in diesem Falle annähernd tonfrei) erscheinen zu lassen. Auch letzteren Falles wären natürlich beim Zurücktreten der Buntheit Änderungen in den psychophysischen Prozessen anzunehmen. Die Beeinflussung der chromatischen Prozesse wäre aber dann nicht bedingt durch angeborene Mechanismen, sondern sie wäre bedingt durch erworbene nervöse Mechanismen (individuelle Erfahrungen). Für die Richtigkeit der letzteren Auffassung sprechen die beträchtlichen individuellen Differenzen, die sich bei Beobachtungen dieser Art zeigen.

Einer Entscheidung zwischen den beiden vorgeschlagenen Erklärungsmöglichkeiten rücken wir durch Erwägung der folgenden Beobachtung näher. Volles Sonnenlicht läßt die Objekte in einer rötlichgelben Färbung erscheinen. Man kann sich hiervon jederzeit überzeugen, wenn man ein tonfreies Papier in das Sonnenlicht hält. Wir knüpfen nun an den auf S. 175f. angegebenen Versuch an. Wir ließen dort ein Tuchschwarz von dem vollen Sonnenlicht bescheinen. Die Gleichung, welche wir nach Reduktion einstellten, wurde bei direkter Betrachtung nicht mehr anerkannt; es bestand nicht mehr Gleichheit der Helligkeiten, die normal beleuchtete Scheibe wies aber auch eine viel höhere Sättigung an rotgelber Farbe auf. Die vom Sonnenlicht getroffene Scheibe büßt also einen guten Teil ihrer Buntfarbigkeit ein, während sie gleichzeitig eine zentrale Verdunklung erleidet. Ich brauche mich nicht mit der Abweisung von Versuchen aufzuhalten, die hier beobachtete Änderung der Buntfarbigkeit durch Hinweise auf periphere Faktoren zu erklären, da ich diese Bemühungen bereits durch die analogen Ausführungen auf S. 242f. für erledigt halte. Auch in dem vorliegenden Fall bietet sich eine „physiologische" und eine „psychologische" Erklärung. In den früheren Fällen handelte es sich um eine zentrale Aufhellung der Oberflächenfarben, in dem vorliegenden um eine zentrale Verdunklung. Wir haben oben (S. 132ff.) den Beweis dafür erbracht, daß durch die zentralen Faktoren die Intensität der zentripetalen Gesamterregung keine Veränderung erfährt. Das gilt sowohl für den Fall der zentralen Aufhellung wie der zentralen Verdunklung. Das Zurücktreten der Buntfarbigkeit in den hier diskutierten Versuchen ist also durch Änderungen der Intensität der zentralen Prozesse nicht zu erklären. Wollten wir die physiologische Erklärung für unsere

Versuche annehmen, so wären wir also zu der widerspruchsvollen Annahme gezwungen, daß bei Gleichbleiben der Gesamtintensität der psychophysischen Prozesse einmal die Erhöhung gerade des W-Prozesses, ein anderesmal gerade des S-Prozesses ein Zurücktreten der gleichen chromatischen Teilprozesse zur Folge hätte. Es gewinnt somit jedenfalls die psychologische Erklärung unserer Versuche an Wahrscheinlichkeit. Ein volles Verständnis unserer Versuche werden wir durch die Einsicht in die Eigentümlichkeit farbiger Eindrücke bei buntfarbiger Beleuchtung in zirkumskripten Bezirken des Gesichtsfeldes erreichen.

Kapitel II.

Die bunten Oberflächenfarben bei tonfreier Beleuchtung.

§ 22. Die sekundären Erscheinungsweisen der bunten Oberflächenfarben.

Hering bezeichnet die Veränderung, welche bunte Farben erleiden können, ohne ihren Farbenton zu ändern, als „Verhüllung" mit Grau (Hering VI, S. 249). Je nach dem gewünschten Sättigungsgrad oder je nach der gewünschten Helligkeit kann die Verhüllung einer bunten Farbe mit einer größeren oder kleineren Anzahl von Gliedern der S-W-Reihe durchgeführt werden. Nachdem wir uns von der Zweidimensionalität der Mannigfaltigkeit der tonfreien Oberflächenfarben in eingehender Weise überzeugt haben, drängt sich uns natürlich die Frage auf, mit welchem Rechte man noch von einer Verhüllung der bunten Farben mit den Gliedern der S-W-Reihe sprechen darf. Ist nicht eine Verhüllung der bunten Farben mit den Gliedern aller Reihen von tonfreien Farben, die sich bei Änderung der Beleuchtungsstärke ergeben, möglich? Diese Frage, deren Bejahung sich als berechtigt erweisen wird, soll im folgenden eine Erörterung erfahren.

Wir denken uns eine Farbenscheibe von einem möglichst reinen Rot (Urrot) von höchstmöglicher Sättigung bei normaler Beleuchtung gegeben. Durch eine passende Kombination von Sektoren dieser roten Farbenscheibe mit schwarzen und weißen Sektoren lassen sich mit beliebig feiner Abstufung

alle Sättigungsstufen und Helligkeitsstufen herstellen, dessen wir das Rot der Farbenscheibe überhaupt für fähig halten (etwaige durch die achromatischen Zusätze bedingte b u n t farbige Änderungen des Urrot kompensieren wir durch passend gewählte chromatische Zusätze). Man kann sich wohl die auf diese Weise erhaltenen Farbenreihen über ihre (empirisch gefundenen) Endglieder hinaus in einem gewissen Grade fortgeführt denken. Diese Fortführung der Reihen bedeutet aber nicht eine Variation unserer roten Farbe nach einer n e u e n D i m e n s i o n. Den hier vorliegenden Sachverhalt pflegt man dahin zu formulieren, daß man sagt, eine bunte, z. B. rote, Farbe könne bei gleichbleibendem Farbenton nach zwei und nur nach zwei voneinander unabhängigen Richtungen verändert werden, hinsichtlich ihrer Sättigung sowie hinsichtlich ihrer Helligkeit. Läßt sich ein farbiger Eindruck von demselben roten Farbenton aufweisen, der mit keinem der soeben herausgegriffenen Farbeneindrücke[1] übereinstimmt, sei es, daß er mit irgendeinem derselben nur die Helligkeit oder nur die Sättigung gemein hat, oder daß er bei Übereinstimmung mit einem der Farbeneindrücke in diesen beiden Momenten sich hinsichtlich der E i n d r i n g l i c h k e i t[2] von ihm unterscheidet, so ist es berechtigt, zu sagen, daß eine bunte Farbe bei Erhaltung ihres Farbentons nach mehr als nach zwei voneinander unabhängigen Richtungen veränderlich sei. Der Beweis hierfür ist nicht schwer zu erbringen. Es mag uns ein reines Weiß in zwei deutlich verschiedenen Stufen der Ausgeprägtheit vorliegen. Nun können wir uns zweifellos das Weiß niedrigerer Ausgeprägtheit auf solche Weise mit einem Rot (z. B. Urrot) nuanciert denken, daß diese Nuancierung bereits unverkennbar ist, sie aber andererseits nur soweit geführt worden ist, daß der Eindruck, es vornehmlich mit „Weiß niedriger Ausgeprägtheit" zu tun zu haben, erhalten bleibt. M a n w ü r d e i m B e r e i c h d e r R o t n u a n c e n, d i e b e i n o r m a l e r B e l e u c h t u n g m ö g l i c h s i n d, v e r g e b l i c h n a c h e i n e m d e m h i e r g e w o n n e n e n F a r b e n e i n d r u c k, e i n e m m i t R o t s c h w a c h n u a n c i e r t e n W e i ß n i e d r i g e r A u s g e p r ä g t h e i t, g a n z g l e i c h e n s u c h e n. Obwohl man das Bestehen dieses Sach-

[1] Die über die empirisch gefundenen Endglieder der Farbenreihen hinausführenden fingierten Farbeneindrücke sind darin einbegriffen.

[2] Dabei sehen wir hier von den associativen Momenten ab, welche die Eindringlichkeit für gewöhnlich mitbestimmen.

verhalts durch das von uns angestellte Gedankenexperiment als erwiesen betrachten kann, habe ich mich doch durch die Anschauung von seiner Wirklichkeit überzeugt. Ich bediente mich zur Veranschaulichung dieses Sachverhaltes der Versuchsanordnung IV. Die Scheibe B_2 besaß bei der betreffenden Beobachtung ein dem Weiß an Helligkeit nahekommendes (also ungesättigtes) nahezu reines Rot; doch war dies Rot von einem solchen Sättigungsgrade, daß auch bei einer Betrachtung der Scheibe B_2 durch E S 3^0[1] kein Zweifel an der rötlichen Nuancierung ihrer Farbe eintreten konnte.[2] Die Farbe der Scheibe B_2 hatte ich mir durch Anstrich eines weißen Papieres mit einer roten Farbenlösung selbst hergestellt, da man eine Nuancierung der Farbe von Scheibe B_2 unter den angegebenen Versuchsbedingungen (Betrachtung durch E) aus einem bereits erwähnten Grunde (S. 157 Anm.) nicht durch Kombination tonfreier mit bunten MAXWELLschen Scheiben erzielen kann. Es gelingt nun durchaus nicht, auf Scheibe B_1 durch Einstellung beliebiger Kombinationen tonfreier und bunter Farben einen dem Farbeneindruck von Scheibe B_2 in jeder Beziehung gleichen Farbeneindruck zu erzielen. Man kann weiterhin die Erfahrung machen, daß es unmöglich ist, bei Betrachtung von B_2 durch ES 3^0 zwischen den farbigen Eindrücken von B_2 und B_1 eine völlige Gleichung herzustellen, wenn man auf B_2 das soeben verwandte Rot in anderen Sättigungs- oder Helligkeitsstufen oder auch andere Farbentöne in beliebigen Sättigungs- und Helligkeitsstufen anbringt. Wir haben also gefunden, daß bunte Oberflächenfarben unter Erhaltung ihres Farbentones sicher nicht nur nach zwei voneinander unabhängigen Richtungen verändert werden können. Wir wollen dieser Erkenntnis durch die folgenden Betrachtungen und messenden Versuche eine weitere Ausgestaltung verleihen.

Über die Helligkeit bunter Oberflächenfarben bei nicht-normaler Beleuchtung. HERING hat in seiner klassischen Untersuchung über das sog. PURKINJEsche Phänomen nachgewiesen, daß die gemeinschaftliche, gleichstarke Herabsetzung der Lichtstärke zweier im allgemeinen für die

[1] Vgl. S. 152.

[2] Auf die nicht sehr bedeutenden chromatischen Änderungen, welche die bunten Farben bei Betrachtung durch einen Episkotister von kleiner Öffnung erleiden, braucht hier nicht eingegangen zu werden.

Demonstration dieses Phänomens geeigneten Farben zu seiner Erweckung nicht genügt.[1] Das Helligkeitsverhältnis, das z. B. zwischen einer roten und einer blauen Fläche bei normaler Beleuchtung besteht, ändert sich nach ihm nicht in erkennbarer Weise, wenn bei unveränderter Gesamtstimmung des Auges die beiden buntfarbigen Flächen eine gleiche, beträchtliche Herabsetzung ihrer Beleuchtungsintensität erfahren. Hering gibt nur an, daß beide Farben dabei dunkler werden; zu untersuchen, welche Helligkeitseinbuße sie unter diesen Umständen erleiden, lag in seiner Arbeit kein Anlaß vor. Wir wenden uns hier der Frage nach der Helligkeitsänderung bunter Oberflächenfarben bei einer Änderung der Beleuchtungsstärke zu. Die Helligkeit einer bunten Oberflächenfarbe denken wir uns nach der allgemeinen Definition festgelegt durch ein bestimmtes Glied der S-W-Reihe, dessen Ermittlung nach verschiedenen Methoden erfolgen kann.[2] Die Helligkeitswerte einer großen Reihe bunter Oberflächenfarben — ich schnitt mir für die folgenden Versuche aus buntem Papier quadratische Täfelchen von etwa 8 cm Seitenlänge — von niedrigster bis höchster Sättigung werden bei normaler Beleuchtung mit Hilfe einer zur Verfügung stehenden Skala[3] grauer Farben nach der von Fr. Hillebrand[4] angegebenen Methode der unmittelbaren Helligkeitsbestimmung ermittelt. Den die Scheibe B_2 tragenden Farbenkreisel in unserer Versuchsanordnung IV ersetzte ich durch einen mit dem oberen Rande etwas von der Vp. weg geneigten, im wesentlichen vertikal stehenden kleinen Träger aus weißer Pappe, auf den jedesmal eines unserer bunten nach seiner Helligkeit bestimmten Täfelchen nebst dem helligkeitsgleichen gleichgroßen tonfreien Täfelchen zu stehen kam. Die beiden Täfelchen, die in einer Kante zusammenstießen, wurden nun durch einen Episkotister, dessen Öffnung variiert wurde, betrachtet und hinsichtlich ihres Helligkeitsverhältnisses beurteilt. Geht man mit der Öffnung

---

[1] Hering V, S. 520 ff.

[2] Langfeld gibt in seiner auf S. 30 zitierten Arbeit (S. 114 ff.) eine nahezu vollständige Übersicht über die Methoden zur Bestimmung der Helligkeit bunter Farben.

[3] Nach dem Marbeschen Verfahren hergestellte, dem Gött. Psychol. Inst. gehörige Skala. Vgl. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 12, 1896, S. 62 f.

[4] Fr. Hillebrand. Spezifische Helligkeit der Farben. Ber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. 98. Abt. 3. 1889, S. 101 ff.

des Episkotisters bis auf wenige Grad (2^0 bis 3^0), ja bis zu dem Punkt herunter, wo gerade noch etwas von den Täfelchen wahrgenommen wird und setzt man jede Betrachtung nicht zu lange Zeit fort, so zeigt sich, daß die bei normaler Beleuchtung vorhandene Helligkeitsgleichung nahezu unverändert bestehen bleibt.[1] Aus diesem Sachverhalt, den ich mit vielen Beobachtern bestätigen konnte, läßt sich in leichter Weise die Antwort auf die uns hier interessierende Frage nach der Helligkeitseinbuße bunter Farben bei Herabsetzung der im Gesichtsfeld vorhandenen Beleuchtungsintensität ableiten. Welche Einbuße an Helligkeit die Glieder der S-W-Reihe bei einer Herabsetzung der Beleuchtungsintensität durch den Episkotister erleiden, darüber geben uns die früheren hierauf bezüglichen Versuche jede gewünschte Aufklärung. Von den Ergebnissen unserer früheren Episkotisterversuche kommt hier natürlich das in Betracht, was die q u a l i t a t i v e n Änderungen der tonfreien Farben betrifft. Da die Helligkeitsgleichung zwischen einer bunten und einer tonfreien Oberflächenfarbe, die bei normaler Beleuchtung hergestellt ist, bei Herabsetzung der Beleuchtungsintensität bestehen bleibt, so gilt der Satz: Bei einer Herabsetzung der Beleuchtungsintensität durch den Episkotister erfahren bunte Oberflächenfarben beliebiger Sättigung und Helligkeit im wesentlichen die gleiche Helligkeitseinbuße wie die Glieder der S-W-Reihe, die ihnen bei normaler Beleuchtung an Helligkeit gleich sind.

Wir hätten die Herabsetzung der Beleuchtungsintensität unserer bunten Oberflächenfarben auch nach Analogie zu den Versuchen über Lichtperspektive durch Verschiebung der bunten Papiere nach dem Hintergrund eines einseitig Licht empfangenden Zimmers erreichen können oder auch nach Analogie zu den Versuchen über Beschattung durch Beschattung der bunten Papiere; dann hätten wir aber die mit diesen Anordnungen verbundene buntfarbige Änderung der Beleuchtung mit in Kauf nehmen müssen. Bei der Herabsetzung der Beleuchtungsintensität in einem Dunkelzimmer durch Verwendung eines an einem Fensterladen angebrachten Diaphragmas ist die Einleitung einer adapta-

[1] Mit dem „nahezu" will ich ausdrücken, daß nicht immer der positive Eindruck der Helligkeitsgleichheit vorhanden war. Zuweilen erschien die bunte, zuweilen die tonfreie Farbe etwas heller. Wer je (auch bei normaler Beleuchtung) Helligkeitsgleichungen mit bunten Farben hergestellt hat, weiß, wie selten sich dieser positive Eindruck der Gleichheit einstellt.

tiven Umstimmung und damit die Einleitung des PURKINJEschen Phänomens nicht so leicht zu vermeiden. Solche Umstimmungen wurden bei der kurzen Betrachtung der bunten Farben durch den Episkotister sicher vermieden, wie auch durch Verwendung des Episkotisters eine Änderung der farbigen Lichter in qualitativer Hinsicht vermieden wurde. Unsere Versuche waren natürlich nicht mit Hülfe einer Anordnung mit einem „Schirmzimmer" auszuführen, wie sie HERING bei seinen Versuchen über das PURKINJEsche Phänomen verwandt hat (HERING V, S. 522), weil dabei F l ä c h e n f a r b e n , aber nicht Oberflächenfarben, für die allein die in diesem Paragraphen angestellten Beobachtungen gelten, resultieren. Setzt man die Beleuchtungsstärke bunter Oberflächen hinauf, statt sie, wie in den obigen Versuchen, herabzusetzen, beleuchtet man sie z. B. mit Sonnenlicht, so ergibt sich die Gültigkeit des folgenden Satzes: Bei einer Hinaufsetzung der Beleuchtungsintensität über die normale erfahren bunte Oberflächenfarben beliebiger Sättigung und Helligkeit im wesentlichen die gleiche Helligkeitssteigerung wie die Glieder der S-W-Reihe, die ihnen bei normaler Beleuchtung an Helligkeit gleich sind.

Man kann auf Grund der beiden vorstehend mitgeteilten Sätze voraussagen, welche H e l l i g k e i t s ä n d e r u n g eine beliebige bunte Oberflächenfarbe bei einer Änderung ihrer Beleuchtungsintensität für das helladaptierte Auge erleidet, wenn man nur ihren Helligkeitswert bei n o r m a l e r Beleuchtung kennt. Wegen des besonderen Interesses, das sie bieten, wollen wir hier die Helligkeitsänderungen etwas näher betrachten, welche vier maximal gesättigte, den Urfarben möglichst nahestehende bunte Farben bei Herabsetzung der Beleuchtungsstärke erfahren. Bekanntlich schreibt man den vier Urfarben in ihren höchsten Sättigungsgraden eine verschiedene (spezifische) Helligkeit zu, der Art, daß Gelb die höchste, Blau die niedrigste spezifische Helligkeit besitzt und Rot wieder eine höhere Helligkeit besitzt als Grün. Da nach unseren früheren Versuchen (S. 111) die dem Weiß nahestehenden tonfreien Farben ihre Helligkeit bei Herabsetzung der Beleuchtungsstärke energischer wahren als die dem Schwarz benachbarten, so ist nach den Ausführungen dieses Paragraphen zu vermuten, daß bei Herabsetzung der Beleuchtungsintensität gesättigtes Gelb die relativ geringste, gesättigtes Blau die relativ größte Helligkeitseinbuße erleiden

wird. Diese Erwartung findet ihre Bestätigung durch die Beobachtung. Betrachtet man ein gelbes und ein blaues Papier, beide von möglichst hoher Sättigung, durch einen Episkotister kleiner Öffnung, so scheint Gelb noch immer dem Weiß sehr nahe zu stehen, während Blau sich an Helligkeit dem Schwarz beträchtlich genähert hat.

Über die Sättigung bunter Oberflächenfarben bei nicht-normaler Beleuchtung. Nachdem wir die Helligkeitsänderungen kennen gelernt haben, denen bunte Oberflächenfarben unterworfen sind, wenn sich ihre Beleuchtungsstärke ändert, wollen wir über einige Versuche berichten, die sich auf ihre Sättigungsänderungen unter den gleichen Bedingungen beziehen. Dabei ist Sättigung einer bunten Oberflächenfarbe nicht-normaler Beleuchtung genau so definiert zu denken wie Sättigung einer normal beleuchteten.[1] Es kommt bei den folgenden Versuchen wieder die Versuchsanordnung IV zur Verwendung. B_2 ist eine blaßrote Scheibe. Ihre Helligkeit nach der Hessschen Methode gemessen, beträgt annähernd 240° W. Es besteht die Aufgabe, auf B_1 (durch Kombination eines Sektors der gleichen blaßroten Farbe mit schwarzen und weißen Sektoren) einen Farbeneindruck herzustellen, der dem an Sättigung und Helligkeit gleich ist (soweit sich diese doppelte Forderung überhaupt erfüllen läßt), den man bei Betrachtung von B_2 durch ES 5° erhält. Die Einstellungen wurden so vorgenommen, daß zunächst beide Scheiben auf gleiche Helligkeit, dann auf möglichst gleiche Sättigung gebracht wurden. Eine beachtenswerte Verschiedenheit des rötlichen Farbentones der beiden Scheiben kam bei den Versuchen nicht vor, sodaß eine Verwendung anderer bunter Farben auf einer der beiden Scheiben nicht notwendig wurde.[2] Die mitgeteilten Werte sind arithmetische Mittel aus je drei bestmöglichen Einstellungen. Diese Einstellungen sind sehr zeitraubend.

---

[1] Den Sättigungsgrad einer bunten Farbe kann man z. B. definiert denken durch die Stellung der Farbe in der Reihe der gleichstark beleuchteten helligkeitsgleichen Farben desselben Farbentons, an deren einem Ende eine tonfreie Farbe, an deren anderem Ende die möglichst „freie" (Hering VI, S. 40) bunte Farbe steht.

[2] Chromatische Änderungen betrafen beide Scheiben meist in gleicher Weise. Es scheint aus diesen chromatischen Änderungen zu folgen, daß die Betrachtung durch den Episkotister die bunten Farben in ähnlicher Weise beeinflußt wie eine Kombination derselben mit schwarzen Sektoren.

Vp. Herr Collett.

B_1 = 40° W 151° R[1] 169° S

Vp. Herr Dreher.

B_1 = 35° W 45° R 280° S

Vp. Herr Dr. Katz.

B_1 = 50° W 94° R 216° S

Die Beobachter bekunden, daß es möglich ist, gleichzeitig die beiden Scheiben auf Gleichheit sowohl der Helligkeit als auch der Sättigung mit Rot einzustellen. Die Helligkeitseinbuße von B_2, die sich in den Zahlen kundgibt, ist von einer Größe, wie sie nach der oben für die blaßrote Farbe angebenen Helligkeit sowie nach unseren früheren Episkotisterversuchen (S. 121 ff.) zu erwarten ist. Auch die individuellen Abweichungen, die sich bei Berücksichtigung der Quotienten H und Q herausstellen, bieten nichts Neues gegenüber früheren Differenzen dieser Art. Einigermaßen überraschend war indessen für mich die Tatsache, die sich aus den Zahlenwerten hinsichtlich der Sättigungsverhältnisse von B_2 ergab. Ich erwartete, daß bei einer Betrachtung von B_2 durch ES5°, wodurch eine Herabsetzung des (achromatischen wie) chromatischen Lichtes der Scheibe B_2 auf $^1/_{72}$ ihres Wertes erfolgt, von der roten Farbe dieser Scheibe höchstens noch Spuren wahrzunehmen sein würden. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Vielmehr war die rote Farbe noch mit respektabler Deutlichkeit vorhanden. Der Grad ihrer Sättigung ist aus den Einstellungen der Scheibe B_1 zu entnehmen, wobei man nicht nur auf die Gradzahl von R achten wolle, sondern auch den Umstand berücksichtigen möge, daß die Kombination dieses roten Sektors nicht mit Weiß, sondern mit einem Grau von geringerer als der eigenen Helligkeit erfolgt.

Die die Sättigung der roten Farbe betreffenden Ergebnisse fand ich bestätigt, als ich die Versuche mit Grün wiederholte. Die Helligkeit der verwandten grünen Scheibe, die ungefähr dieselbe Sättigung wie die rote Scheibe bei den vorstehenden Versuchen hatte, betrug annähernd 208° W. Unter den obigen Versuchsbedingungen ergeben sich folgende Einstellungen:

Vp. Herr Blachowski.

B_1 = 24° W 136° Gr[2] 200° S

Vp. Herr Collett.

B_1 = 35° W 140° Gr 185° S

Vp. Herr Dr. Katz.

B_1 = 145° Gr 215° S

[1] R bedeutet unsere blaßrote Farbe.

[2] Gr bedeutet unsere blaßgrüne Farbe.

Auch bei diesen Versuchen ist die Einstellung auf gleiche Helligkeit u n d Sättigung möglich. Wieder zeigt sich auch hier eine überraschend hohe Sättigung der Scheibe B_2. Aus unseren Versuchen folgt, daß bei einer beträchtlichen Herabsetzung der Beleuchtungsstärke einer an und für sich ungesättigten Oberflächenfarbe durch den Episkotister diese Farbe nur eine geringe Sättigungseinbuße erleidet. Ich unterließ es, diese Versuche auch mit größeren Öffnungen des Episkotisters durchzuführen. Dagegen interessierte mich der Ausfall der Versuche, wenn die Öffnung des Episkotisters kleiner als 5^0 genommen wurde. Noch bei einer Öffnung von 2^0, also bei einer Herabsetzung der buntfarbigen Lichter auf $^1/_{180}$ ihres Wertes, ist die bunte Farbe zu erkennen. Ersetzt man unsere ungesättigten Farben durch solche hoher Sättigung, so treten diese Farben bei einer solchen Öffnung des Episkotisters, bei der man überhaupt etwas von der Scheibe B_2 wahrnehmen kann (etwa bei $\frac{1}{2}{}^0$), sofort mit einer Sättigung über die Schwelle, die der Sättigung der direkt betrachteten bunten Papiere nicht wesentlich nachsteht.[1] Eine zahlenmäßige Beantwortung der Frage, ob vier den Urfarben nahestehende Farben eine gleiche oder eine verschiedene Sättigungseinbuße bei gleicher Öffnung von E erleiden, ist schwer zu geben. Ich klebte vier quadratische Papiere von hoher Sättigung (Gelb und Blau waren Rothesche, Rot und Grün Heidelberger Papiere) nebeneinander auf und brachte sie an die Stelle von B_2. Nun gab ich dem Episkotister eine Öffnung von etwa $^3/_4{}^0$. Dann erklärten zahlreiche Beobachter fast übereinstimmend, daß Gelb von höchster, Blau von niedrigster Sättigung sei, Rot und Grün von ungefähr gleicher Sättigung dem Blau näher ständen als dem Gelb.

Wir geben den Resultaten unserer letzten Untersuchungen folgende allgemeine Formulierung. Setzt man die Beleuchtungsintensität bunter Oberflächenfarben sehr stark herab, so erfahren dieselben bei einer Betrachtung mit helladaptiertem Auge nur eine unbeträchtliche Sättigungseinbuße. Geht man mit der Beleuchtungsstärke nahezu bis auf etwa $^1/_{480}$ der normalen herab, so scheint Gelb die geringste, Blau die größte Sättigungseinbuße zu erleiden, während Grün und Rot in dieser Beziehung eine Zwischenstellung einnehmen.

Es sind hier einige Parallelversuche am Platz, bei denen das

[1] Infolge der besonderen Versuchsumstände kam das sog. farblose Intervall (vgl. z. B. Kries II, S. 183) hier nicht zur Beobachtung.

Auge dieselben Reizungen erfährt wie durch die vorstehend verwendeten Kombinationen ($E + B_2$), bei denen aber die Reizlichter als einem Gesichtsfeld normaler Beleuchtung angehörig aufgefaßt werden. Um dieselben Reizungen zu ermöglichen, traf ich folgende Anordnung (s. Fig. 15). Auf den Rand einer

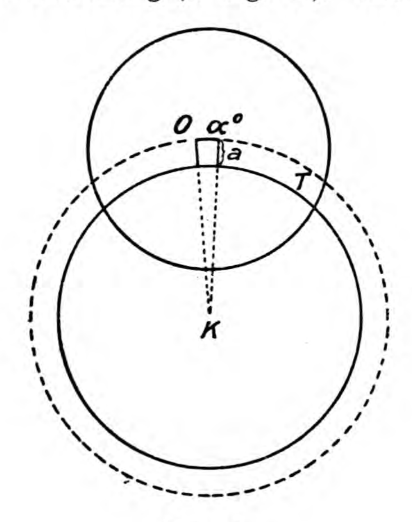


Fig. 15.

schwarzen Kartonscheibe K von etwa 25 cm Durchmesser ließen sich Stücke von Kreisringen verschiedener Größe (α^0)[1] befestigen. Ihre Länge a betrug 2 cm. Diese Ringstücke wurden mit diesem oder jenem bunten Papier überzogen. Läßt man nun K vor einem nahezu lichtlosen Hintergrund, der Öffnung der Dunkeltonne (O), rotieren, so erblickt man um K einen 2 cm breiten Ring, der vor der Dunkeltonne viel dunkler und gesättigter als in seinen übrigen Teilen ist. Besitzt das mit einem gesättigten Papier P überzogene Ringstück eine Größe von 2^0, so erfährt ein Auge, welches den vor O liegenden Teil T des Kreisringes betrachtet, annähernd dieselbe Reizung, wie wenn es durch eine Episkotisteröffnung von 2^0 auf die Scheibe B_2 blickt, die aus dem Papier P hergestellt ist.[2] So schwer nun auch wegen der großen Helligkeitsdifferenz sowie der verschiedenen Beleuchtungsstärke ein Vergleich zwischen dem Sättigungsgrad der Farbe von T und von B_2 ist, so scheint doch B_2 eine deutlich

[1] Gemessen durch den zugehörigen Centriwinkel.

[2] Zur Erzielung ähnlicher Kontrastverhältnisse bringe man B_2 vor der Öffnung einer zweiten Dunkeltonne an.

höhere Sättigung zu besitzen. Es ist für den Erfolg des Versuches gleichgültig, welche bunte Farbe P besitzt. Die Reizschwelle für die bunten Farben scheint bei den beiden hier verwandten Konstellationen annähernd gleich hoch zu liegen. Verschwindet die Buntheit von B_2 bei einer Öffnung des E von $^1/_2{}^0$, so scheint auch die Buntheit von T zu verschwinden, wenn die Größe des Ringstücks $^1/_2{}^0$ beträgt. Die Reizschwelle für bunte Farben dürfte also nur von der Stärke der peripheren Erregungen abhängig, von den zentralen Transformationen dieser Erregungen unabhängig sein.[1]

Da wir so wie in den früheren Versuchen mit dem Episkotister (S. 122 ff.) auch bei den vorliegenden Versuchen die von der Episkotisterscheibe ins Auge fallende Lichtmenge vernachlässigen konnten, durften wir tatsächlich unmittelbar aus der Öffnung des Episkotisters auf die entsprechende Schwächung der von B_2 aus die Netzhaut treffenden bunten Lichter schließen. Wenn die durch den Episkotister betrachteten bunten Oberflächenfarben trotz der minimalen Stärke der sie auslösenden buntfarbigen Lichter in hoher Sättigung erscheinen, so dürfen wir mit der gleichen Berechtigung und in dem gleichen Sinne von einer Erhöhung der buntfarbigen Komponenten durch zentrale Faktoren reden, wie wir früher von einer zentralen Aufhellung oder Verdunklung der durch den Episkotister betrachteten Oberflächenfarben gesprochen haben.

Wie sollen wir den Unterschied, der zwischen den an Farbenton, Sättigung und Helligkeit nahezu gleichen Farbeneindrücken der Scheiben B_1 und B_2 der Versuche dieses Paragraphen verbleibt, charakterisieren? Die Beobachter konstatierten auf Befragen zwischen ihnen einen Unterschied, den sie am ehesten als Unterschied der Intensität oder Ausgeprägtheit bezeichnen könnten. Es wird sich empfehlen, die bei den E-Versuchen mit tonfreien Oberflächenfarben zur Bezeichnung ähnlicher Unterschiede verwandten Termini auch hier zu verwenden. Ich werde darum davon sprechen, daß je zwei der von uns ermittelten zusammengehörigen Einstellungen auf B_1 und B_2 zwei verschiedene Ausgeprägtheitsstufen derselben bunten Farbe darstellen.

Herings Nachweis, daß zum Zustandekommen des Purkinjeschen Phänomens eine Änderung des Adaptationszustandes des Auges notwendig

[1] Dieses sowie das analoge auf S. 264 mitzuteilende Resultat hätten wir vermittels theoretischer Betrachtungen auch aus dem auf S. 141 aufgestellten Satze ableiten können.

ist, findet durch unsere Versuche eine Bestätigung. Bei dem Nachweis, daß eine Herabsetzung der Intensität der auf die Netzhaut einwirkenden buntfarbigen Lichter allein das PURKINJEsche Phänomen nicht herbeiführt, scheint HERING mit dieser Herabsetzung nicht so weit gegangen zu sein wie wir in den vorliegenden Versuchen; denn wir sind oben (S. 253) bis zur Ebenmerkbarkeit der bunten Farben hinabgestiegen und konnten konstatieren, daß die bunten Farben beim Übertritt über die Schwelle hinsichtlich ihrer Helligkeit in derselben Reihenfolge rangieren wie bei normaler Beleuchtung. Auch die hohen Sättigungsgrade, mit denen die bunten Farben figurieren, indem sie über die Schwelle treten, sprechen sehr für die HERINGsche Auffassung des PURKINJEschen Phänomens, so weit sie sich auf die Sättigungsänderung der Farben infolge des Eintritts dieses Phänomens bezieht (HERING V, S. 531 ff.).

Die Abbildung der Gesamtheit der Oberflächenfarben tonfreier Beleuchtung. Nach herkömmlicher Ansicht läßt sich die „ganze Mannigfaltigkeit der, einem bestimmten Farbentone entsprechenden verhüllten Farben in erschöpfender Weise" (HERING VI, S. 50) durch ein zweidimensionales Gebilde (z. B. ein Dreieck, nach HERING VI S. 50 das Verhüllungsdreieck) abbilden. Ein Eckpunkt R des Dreiecks stellt die betreffende bunte Farbe — nehmen wir an, es handle sich um das reine, d. h. weder gelbliche noch bläuliche Rot [1] — in höchster Sättigung dar. Von diesem Punkt R aus erstrecken sich nach dem zweiten Eckpunkt W des Dreiecks die Übergänge des Rot zum (tonfreien) Weiß, nach dem dritten Eckpunkt S die Übergänge des Rot zum (tonfreien) Schwarz. Das Dreieck RSW bietet nicht die ganze Mannigfaltigkeit der Farbeneindrücke dar, in denen das reine Rot überhaupt vorkommt. Von ihnen umfaßt es nur (die Flächenfarben [2] oder) die Oberflächenfarben [3] bei einer bestimmten Beleuchtung. Um alle Oberflächenfarben, in denen das reine Rot erkennbar ist, zur Darstellung zu bringen, bedarf es eines dreidimensionalen Gebildes. Man kann die Gesamtheit der Oberflächenfarben, in denen das reine Rot vorkommt, nach verschiedenen Prinzipien ordnen; wir wollen hier jedesmal diejenigen von ihnen zusammengefaßt denken, die

[1] Die im folgenden anzustellende Betrachtung hat für jede beliebige bunte Farbe Geltung.

[2] Vgl. hierzu S. 266 ff.

[3] Von der Abbildung anderer Farbensysteme als der Flächen- und Oberflächenfarben sehen wir ganz ab.

sich bei der gleichen Beleuchtungsstärke ergeben. Ein Dreieck $R_nS_nW_n$ mag die ganze Mannigfaltigkeit der das reine Rot enthaltenden Oberflächenfarben bei einer normalen Beleuchtung (Beleuchtungsstärke n) darstellen. Ein in einer anderen Ebene als das Dreieck $R_nS_nW_n$ gelegenes Dreieck $R_xS_xW_x$ repräsentiere die ganze Mannigfaltigkeit der das reine Rot enthaltenden Oberflächenfarben bei einer unter die normale Beleuchtung herabgehenden Beleuchtungsstärke (Beleuchtungsstärke x). Von den Punkten des Dreiecks $R_nS_nW_n$ führen zu den entsprechenden des Dreicks $R_xS_xW_x$ Linien, welche die das reine Rot enthaltenden Oberflächenfarben für Beleuchtungsstärken, die zwischen den Beleuchtungsstärken n und x liegen, zur Darstellung bringen. Über R_xR_n, S_xS_n und W_xW_n hinaus führen Linien zu den Punkten R_y, S_y und W_y des Dreiecks $R_yS_yW_y$, welches die ganze Mannigfaltigkeit der das reine Rot enthaltenden Oberflächenfarben bei einer über die normale Beleuchtung hinausgehenden Beleuchtungsstärke (Beleuchtungsstärke y) repräsentiert.

Nach diesen Ausführungen müssen wir natürlich die Darstellung aller Oberflächenfarben bei tonfreier Beleuchtung durch ein dreidimensionales geometrisches Gebilde als unausführbar bezeichnen. Unsere Untersuchungen bergen die Erkenntnis, daß man jede beliebige Oberflächenfarbe nicht nach drei, sondern nach vier voneinander unabhängigen Richtungen verändern kann. Neben die Änderungen nach Farbenton, Helligkeit und Sättigung, die bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke möglich sind, treten noch die Änderungen nach anderen Ausgeprägtheitsstufen bei anderen Beleuchtungsstärken. (Dabei ist es für die vorliegende Betrachtung natürlich unwesentlich, daß man in der Regel zur Veranschaulichung verschiedener Ausgeprägtheitsstufen derselben Oberflächenfarbe bei verschiedenen Beleuchtungsstärken verschiedener Farbenflächen, z. B. verschiedener farbiger Papiere bedarf). Dieser Sachverhalt läßt sich durch verschiedene geometrische Konstruktionen veranschaulichen. So kann man die Darstellung durch ein Oktaëder[1] (oder einen oktaëderähnlichen Körper) für die Gesamtheit aller Oberflächenfarben bei einer bestimmten Beleuchtungsstärke wählen. Auf diese Weise würde

[1] Hinsichtlich der Wahl dieses Körpers folgen wir EBBINGHAUS.

sich die Darstellung des Systems der Oberflächenfarben in so viel Oktaëdern (oder oktaëderähnlichen Körpern) durchführen lassen, als wir Stufen der Beleuchtung unterscheiden wollen.[1]

§ 23. Helladaptation und Dunkeladaptation in ihrer Bedeutung für das Wiedererkennen von Oberflächenfarben.

Es ist ein besonderes Verdienst Herings, als erster die Ansicht wohl begründet zu haben, daß die Kontrasterscheinungen nur ein spezieller Ausdruck eines allgemeineren gesetzmäßigen Verhaltens des lichtperzipierenden Organs sind, nämlich der Wechselwirkung zwischen den Elementen des somatischen Sehfeldes. „Die durch diese Wechselwirkung bedingte Anpassung der Lichtempfindlichkeit vollzieht sich ... nahezu gleichzeitig mit der Änderung der Beleuchtung, weshalb ich sie als simultane oder Momentanpassung benannt habe.“ (Hering VI, S. 18.) Man muß die Momentadaptation scharf von der Daueradaptation trennen. Ich würde es für erwünscht halten, beide Arten der Adaptation, weil sie durchaus andere Ursachen und im wesentlichen auch andere Wirkungen haben, auch durch die Namenbezeichnung schärfer zu unterscheiden. Es ist nicht anzunehmen, daß mit einsetzender Dunkeladaption die Wechselwirkung der Sehfeldelemente plötzlich erlischt (allerdings fehlt es an Untersuchungen über die Wechselwirkung der Sehfeldstellen im dunkeladaptierten Auge). Bei dem jetzt bestehenden Sprachgebrauch ist es also nicht zu umgehen, unter gewissen Umständen von Momentadaptationen zu reden, die sich derselben Daueradaptation überlagern.

Auch wenn man, wie wir es hier tun, eine Betrachtung über die Leistungsfähigkeit des Auges beim Wiedererkennen von Farben unter verschiedenen Beleuchtungsstärken anstellt (unter diesem Gesichtspunkt hat man die bisherigen Versuche über die Daueradaptation des Auges nicht oder wenigstens nicht ausgesprochenerweise angestellt), so wird man leicht dazu geführt, schärfer zwischen Momentadaptation und Daueradaptation zu scheiden. Hering hat, wie oben (S. 255 f.) erwähnt, dargelegt, daß das Purkinjesche Phänomen nicht bei niedriger Stärke der bunten Lichter eintritt,

[1] Auf andere Möglichkeiten der Darstellung gehen wir hier nicht ein.

wenn das Auge nicht selbst eine Umstimmung erfahren hat. Wir haben auf Grund eigener Beobachtungen hinzufügen können, daß sich die Farben buntfarbiger Papiere, sofern sie nur die Erscheinungsweise der Oberflächenfarbe besitzen, bei Helladaptation nahezu mit dem ihnen bei normaler Beleuchtung zukommenden Sättigungsgrad und mit ihrer spezifischen Helligkeit auch bei minimaler Reizstärke für das Bewußtsein geltend machen. Wir dürfen also wohl sagen, daß das helladaptierte Auge, solange es überhaupt bunte Oberflächenfarben wahrnimmt (d. h. solange die sie auslösenden Lichtstärken nicht unter den spezifischen Reizschwellen des Hellauges liegen), im Wiedererkennen derselben bei einer beträchtlichen Änderung der Beleuchtungsstärke eine recht gute Leistung aufweist. Demgegenüber ist zu betonen, daß bei Dunkeladaptation der Eintritt des PURKINJEschen Phänomens die Erkennung unserer farbigen Umgebung in höchstem Grade stört; es führt uns sowohl hinsichtlich des Farbentons und der Sättigung als auch hinsichtlich der Helligkeit der uns umgebenden bunten Objekte durchaus irre, denn wir schreiben ja den Gegenständen diejenigen farbigen Qualitäten als ihre eigentlichen Farben zu, welche sie bei normaler Beleuchtungsstärke und helladaptiertem Auge zeigen. Das dunkeladaptierte Auge täuscht uns nicht nur hinsichtlich des Farbentones, der Sättigung sowie der Helligkeit der bunten Farben der Objekte; es kann uns infolge der Steigerung seiner Empfindlichkeit auch hinsichtlich der Helligkeit tonfreier Farben täuschen. Zwei Lichter verschiedener Intensität (gleicher Qualität) können, wenn das eine bei diesem, das andere bei jenem Grad der Dunkeladaptation zur Einwirkung gelangt, subjektiv gleich oder es kann hierbei gar das weniger intensive als das intensivere erscheinen. Die Momentadaptation kann wohl zwei Lichter verschiedener Intensität (gleicher Qualität) hinsichtlich ihrer Helligkeit ähnlicher erscheinen lassen, als sie ohne Momentadaptation erscheinen würden; sie läßt sie aber niemals auch nur gleich hell erscheinen; stets geben sich, solange keine Daueradaptation vorhanden ist, objektiv verschiedene Lichtstärken in ihrer Verschiedenheit zu erkennen.

Hell- und dunkeladaptiertes Auge schärfer in ihrer Funktionsweise zu trennen, dazu fordern die Befunde auf, die man in bezug auf die Sehschärfe gemacht hat. S. BLOOM und S. GARTEN zeigten „daß das helladaptierte Auge dem dunkeladaptierten an Sehschärfe auch dann noch überlegen sein kann, wenn die für beide

Augen gleich starke Beleuchtung der Sehproben so weit herabgesetzt wird, daß sie das dunkeladaptierte Auge nicht blendet, sondern ihm die Sehprobe in einer mäßigen Helligkeit zeigt, während sie für das helladaptierte Auge weit unter der für die Sehschärfe günstigsten Beleuchtung liegt."[1] Da ich vermutete, gerade die hohe Sehschärfe des Hellauges möchte an der Überlegenheit, welche das helladaptierte Auge über das dunkeladaptierte hinsichtlich des Wiedererkennens von Farben besitzt, nicht unbeteiligt sein, so prüfte ich zunächst den soeben mitgeteilten Satz von Bloom und Garten mit der Versuchsanordnung IV (S. 122) nach. Hinter der durch den Episkotister blickenden Versuchsperson wurde ein Stativ mit einem daran befestigten schwarzen Tuch so aufgestellt, daß dieses Tuch, nachdem durch Verdecken der geschlossenen Augen mit Sammet eine Dunkeladaptation hergestellt war, derart um den Kopf der Vp. geschlagen werden konnte, daß es das Licht des Fensters möglichst fernhielt und die einmal erzielte Dunkeladaptation wenigstens einige Sekunden während der Betrachtung der Objekte durch den Episkotister annähernd erhalten blieb. Ich ließ zunächst die Öffnung des Episkotisters so lange verkleinern, bis eine durch ihn betrachtete Druckschrift (guter schwarzer Druck auf weißem Papier) bei helladaptiertem Auge gerade noch gut gelesen werden konnte. Es war dies bei einer Öffnung des Episkotisters von etwa $^1/_2{}^0$ der Fall. Wurde nun bei gleichbleibender Öffnung mit einem 15—20 Minuten lang dunkeladaptierten Auge beobachtet, so war die Druckschrift kaum noch oder nicht mehr zu lesen. Der obige Satz von Bloom und Garten hat also durch unsere Beobachtung eine Bestätigung gefunden. Was uns aber in diesem Zusammenhang an unserer Beobachtung speziell interessiert, ist die Tatsache, daß für das Dunkelauge der für das Hellauge vorhandene Eindruck, eine Fläche weißen Papieres mit schwarzen Buchstaben vor sich zu haben, eigentlich nicht mehr vorhanden ist. Die Fläche als Ganzes erscheint wohl dem Dunkelauge eindringlicher (ja manchen Beobachtern direkt blendend), aber nie eigentlich weißlicher; die weiße Farbe der Fläche hat nicht mehr die Erscheinungsweise der Oberflächenfarbe. Sie besitzt eine gewisse

[1] S. Bloom und S. Garten. Vergleichende Untersuchung der Sehschärfe des hell- und des dunkeladaptierten Auges. Pflügers Archiv Bd. 72, 1907, S. 408.

Ähnlichkeit zu den Flächenfarben. Ihre Beleuchtung erscheint fremdartig, soweit man bei ihr überhaupt noch von Beleuchtung sprechen darf.

Da die Herabsetzung der Sehschärfe auch die Deutlichkeit, mit der die Oberflächenstruktur wahrgenommen wird, beeinträchtigen muß, so kann das Ausbleiben des Eindrucks von prägnanten Oberflächenfarben bei dunkeladaptiertem Auge nicht wundernehmen. Wir müssen hiernach annehmen, *daß die Schöpfung ausgeprägter Oberflächenfarben, wenn auch nicht allein durch den Zapfenapparat, so doch für gewöhnlich unter seiner Mitwirkung zustandekommt.* Es ist damit zu rechnen, daß Oberflächenfarben verschiedenster Deutlichkeitsgrade nur unter Mitwirkung zentraler Faktoren eintreten. Es könnte ja sehr wohl ein solcher nervöser Mechanismus bestehen, daß diese *zentralen Faktoren nur von dem Zapfenapparat aus angeregt werden können. Die Erscheinungsweise, welche den durch die Stäbchen vermittelten Farbeneindrücken eigen ist, kommt den Flächenfarben nahe.* Die Duplizität des Sehorgans verrät sich demnach auch in der Verschiedenheit der seinen beiden lichtperzipierenden Apparaten zukommenden Erscheinungsweisen von Farben. Beachtenswert ist, daß auch bei völliger Dunkeladaptation der Eindruck *leuchtender* Farben erhalten bleibt. Gegenstände, die bei helladaptiertem Auge den Eindruck des Glanzes machen, erscheinen dem *dunkeladaptiertem Auge* bei passender Lichtstärke leuchtend, sie können auf der Peripherie des Dunkelauges geradezu ein magisches Leuchten entwickeln.

Ich betrachte die Untersuchung über die Erscheinungsweise der Farben bei dunkeladaptiertem Auge mit dem Vorstehenden nicht als abgeschlossen. Durch die Tatsache, daß für das Dämmerungssehen die Farben ihrer Erscheinungsweisen nach den Flächenfarben nahestehen, scheint mir der eigentümliche, fremdartige Beleuchtungseindruck erklärt, den man erhält, wenn man mit stark dunkeladaptiertem Auge in einen hell beleuchteten Raum tritt. Dieser Beleuchtungseindruck ist nach meiner Beobachtung nicht als eine einfache Steigerung der Helligkeit des Eindrucks zu betrachten, der bei helladaptiertem Auge vorhanden ist.

Das Reizgebiet des normal gestimmten Auges. Die vergleichenden Beobachtungen, die man bislang am hell- und dunkeladaptiertem Auge angestellt hat, bezogen sich

meist auf qualitative und quantitative Untersuchungen der Farbwerte der Farbenerlebnisse. Ich glaube, es ist nach der Erkenntnis der Wichtigkeit, welche den Erscheinungsweisen der Farben im allgemeinen zukommt, begründet, wenn wir die Farbenerlebnisse, die sich für das helladaptierte Auge bei Änderung der Beleuchtungsstärke innerhalb sehr weiter Grenzen einstellen, in der Untersuchung ganz scharf trennen von denen, die sich nach vollzogener Daueradaptation geltend machen. Wir unterlassen im folgenden Untersuchungen mit dem dunkeladaptiertem Auge, setzen vielmehr stets ein Auge voraus, das nach längerer ungezwungener Betrachtung normal beleuchteter mittelheller Oberflächenfarben solange geschlossen worden ist, daß es etwaiger Nachbilder vollkommen ledig ist. Das so gestimmte Auge wollen wir der Kürze wegen als das normal gestimmte Auge bezeichnen.[1] Die normale Stimmung des Auges ist, wenn ihm vorher nicht zu stark kontrastierende Farbenflächen vorgelegen haben, wenige Sekunden nach Lidschluß erreicht. Für spätere Ausführungen ist es von Wichtigkeit die Frage zu beantworten: Welches ist das Reizgebiet des normal gestimmten Auges?

So wie man die Leistungsfähigkeit des dunkeladaptierten Auges für die Lichtperzeption durch Reizschwellen zu messen pflegt, lag es auch hier nahe, das Reizgebiet des normal gestimmten Auges durch bestimmte Grenzwerte festzulegen. Dabei bot sich als erste Aufgabe die Bestimmung der absoluten Schwelle. Welcher Reiz muß auf eine zirkumskripte Netzhautstelle des normal gestimmten Auges wirken, damit diese sich eben vom Feld des subjektiven Augengrau abhebt? Ich befestige (s. Fig. 16) ein kleines quadratisches Stück Tuchschwarz (t) von etwa 1,5 cm Seitenlänge[2] an einem vor der Öffnung der Dunkeltonne (D) ausgespannten Kreuz aus schwarzen dünnen Fäden. Das Tuchschwarz

[1] Diesen Zustand dürfen wir nicht als den der vollen Helladaptation bezeichnen, der nach W. Nagel erst „durch mindestens ¼ stündigen Aufenthalt im Freien auf sonnenbeschienenem Platz" erreicht wird (s. S. 17 der auf S. 138 zitierten Arbeit). Die von uns mitzuteilenden Beobachtungen sind alle mit normal gestimmtem Auge durchzuführen.

[2] Bei der Entfernung, welche den Beobachter von diesem Stück Tuchschwarz trennte, mußte letzteres ganz in die Zentralgrube des beobachtenden Auges fallen.

erscheint vor seinem als lichtlos anzusehenden Hintergrund bei der normalen Beleuchtung dunkelgrau. Seine Betrachtung findet

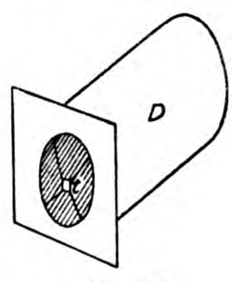


Fig. 16.

bei den folgenden Versuchen durch den wie in Versuchsanordnung IV (S. 122) montierten Episkotister statt. Das Tuchschwarz befindet sich etwa an der Stelle von B_2. Die Beobachtungen wurden an einem Sommertag mit gleichmäßig hellbewölktem Himmel um die Mittagsstunde angestellt.

In den ersten Versuchen wurde für das normal gestimmte Auge diejenige Öffnung des Episkotisters ermittelt, bei der das Quadrat eben noch zu sehen war. Im allgemeinen konnte mit der Öffnung bis auf etwa 2^0 heruntergegangen werden; das besagt, daß von dem normal gestimmten Auge ein Lichtreiz eben noch (und zwar mit dem Charakter der Oberflächenfarbe) wahrgenommen wird, der nach seiner Intensität etwa $\frac{1.2}{60.360} = \frac{1}{10\,800}$ des Lichtreizes beträgt, der durch ein an der Stelle des schwarzen Quadrates befindliches, gleich stark beleuchtetes weißes Papier repräsentiert wird.[1] Dieser Wert ist als recht niedrig zu bezeichnen. Wir haben hier die absolute Schwelle des normal gestimmten Auges, genauer gesagt, die Unterschiedsschwelle des normal gestimmten Auges gegen das subjektive Augengrau ermittelt.

Das schwarze Quadrat befindet sich bei diesem Versuch in einem Gesichtsfeld herabgesetzter Beleuchtung. Es blieb noch festzustellen, ob der von uns ermittelte Schwellenwert von zentralen Faktoren abhängig sei. Für diesen Zweck bedienten wir uns der auf S. 254 angegebenen Anordnung. Die Ringstücke wurden anstatt

[1] Gemeint ist das in unseren Versuchen stets verwandte weiße Papier. Seine Reflexionsfähigkeit ist etwa die 60-fache des Tuchschwarz.

mit buntem Papier mit Tuchschwarz überzogen. Es ergab sich, daß der Teil T des um K erscheinenden Ringes sich eben von dem Dunkel der Öffnung O abhob, wenn α etwa 2^0 betrug. Hiernach scheint der Wert der absoluten Schwelle des normal gestimmten Auges von zentralen Faktoren unabhängig zu sein. Dieses Resultat war nach dem auf S. 255 mitgeteilten zu erwarten.

Wir haben hier bei der Ermittlung der absoluten Schwelle des normal gestimmten Auges die Lichtstärke unseres normal beleuchteten weißen Papieres als Lichtstärkeneinheit angenommen. Der diese Schwelle charakterisierende Quotient wäre natürlich entsprechend niedriger ausgefallen, wenn wir die Lichtstärke des von der Sonne beschienenen weißen Papieres als Lichtstärkeneinheit gewählt hätten. Die Beleuchtungsstärke, die durch das direkte Sonnenlicht erreicht wird, beträgt je nach der Tageszeit etwa das 60—100 fache der Beleuchtungsstärke, die in unseren Versuchen für das Quadrat bestand. Etwa die Lichtstärke des von der Sonne beschienenen weißen Papieres können wir als den oberen Wert der Lichtstärken betrachten, mit denen sich in der Natur Oberflächenfarben darzubieten pflegen.

Es ist von Interesse, hier den Wert der Beleuchtungsstärke festzustellen, bei dem weiße Gegenstände noch annähernd als weiße erkannt werden. Ich fand, daß man mit der Öffnung des Episkotisters bis auf weniger als 1^0 heruntergehen darf (also auf weniger als $^1/_{360}$ der normalen Beleuchtungsstärke), um einem durch ihn betrachteten weißen Quadrat auf lichtlosem Grund (das weiße Quadrat ist wieder vor der Dunkeltonne befestigt) immer noch die Bezeichnung ,,nahezu weiß" beilegen zu können. Ein Quadrat aus Tuchschwarz auf weißem Grunde erscheint bei derselben Öffnung dunkelgrau, nicht schwarz. Man kann sich durch letztere Beobachtung in überzeugender Weise zum Bewußtsein bringen, wie richtig es mit Herings Angabe bestellt ist, daß wir Flächen tiefschwarzer Farbe ohne eine beträchtliche Lichtstärke ihrer Umgebung nicht erzielen können.

§ 24. Gegenüberstellung der Flächen- und Oberflächenfarben.

Welche Bedeutung kommt den Flächen- und Oberflächenfarben bei der Erkenntnis

der Außenwelt zu? Es ist ein häufig ausgesprochener Gedanke, daß wir die Sinnesempfindungen nicht um ihrer selbst willen haben, sondern wegen der repräsentativen Funktion, die ihnen bei der Erkenntnis der Außenwelt zukommt. „Nicht um ein Schauen der Strahlungen als solcher handelt es sich beim Sehen, sondern um das durch diese Strahlungen vermittelte Schauen der Außendinge; das Auge hat uns nicht über die jeweilige Intensität oder Qualität des von den Außendingen kommenden Lichtes, sondern über diese Dinge selbst zu unterrichten.“ (Hering VI, S. 23.) Nun läßt sich aber nicht bestreiten, daß innerhalb der ganzen Mannigfaltigkeit der Farbenerlebnisse den Farben verschiedener Erscheinungsweise ein verschiedener Erkenntniswert zuzusprechen ist. Wir wollen in dieser Beziehung hier nur die Flächen- und Oberflächenfarben gegenüberstellen.[1] Die Oberflächenfarben repräsentieren unveränderlich gedachte farbige Qualitäten von Gegenständen. Die Gegenstände können unter verschiedene Beleuchtungsstärken gelangen. Bei der unbefangenen Betrachtung der Gegenstände erhalten wir durch Vermittlung der Oberflächenfarben in jedem Augenblick ein Bewußtsein von der Stärke der herrschenden Beleuchtung, was gegebenenfalls in wörtlicher Charakterisierung der Beleuchtung (es ist sehr hell, es herrscht schwache Beleuchtung usw.) zum Ausdruck gebracht werden kann. Die Oberflächenfarben können weiter beschattet oder belichtet erscheinen, sie können also, wie wir schon früher bemerkten, Modifikationen erfahren. Von all dem kann nun bei den Flächenfarben keine Rede sein. Die Flächenfarbe weist nicht in dem gleichen Sinne wie die Oberflächenfarbe auf eine Gegenständlichkeit als ihren Träger hin, sie repräsentiert dementsprechend auch keine feste farbige Qualität. Wenn ich mir eine Flächenfarbe dadurch herstelle, daß ich in geeigneter Weise eine Oberflächenfarbe durch

---

[1] Auf den Erkenntniswert anderer Farbeneindrücke gehen wir hier nicht ein. Der Glanz gibt uns häufig wichtige Auskunft über das Material und die Oberflächenbeschaffenheit von Objekten. Hinsichtlich der Bedeutung, welche einzelne Farbenphänomene bei der Erkenntnis der Dingwelt besitzen, vgl. auch die Ausführungen W. Schapps, Beiträge zur Phänomenologie der Wahrnehmung. Diss. Göttingen 1910, S. 76—98. Nicht allen Ausführungen Schapps vermag ich zuzustimmen. So erscheint es mir nicht haltbar, „daß die anhaftende (nach unserer Terminologie eigentliche) Farbe uns nie rein gegeben ist.“ A. a. O. S. 87.

einen gelochten Schirm betrachte und nun auf die Oberfläche des Körpers, welche durch ihre Lichtreflexion die Flächenfarbe auslöst, einmal einen Schatten, ein anderesmal ein Licht werfe, so wird zwar die im Loch erscheinende Fläche dunkler oder heller, es hat indessen keinen Sinn, von einer beschatteten oder belichteten Flächenfarbe zu sprechen. Die Umgebung der Flächenfarbe erscheint wohl in einer bestimmten Beleuchtung, diese Beleuchtung erstreckt sich aber nicht auf die Flächenfarbe selbst, solange diese wirklich als Flächenfarbe aufgefaßt wird. Bestrahlen wir unser geschlossenes Augenlid mit Licht, so vermögen wir zwar zutreffend zu urteilen, daß unser Augenlid beleuchtet wird, wir können auch die dabei empfundene Farbe selbst als leuchtend bezeichnen, wenn eine starke Bestrahlung des Augenlides erfolgt, wir können aber nicht sagen, die Flächenfarbe, die wir unter diesen Umständen eventuell wahrnehmen, empfange eine besondere Beleuchtung. Die Trennung in Beleuchtung und Beleuchtetes, die notwendigerweise eine feste Farbe, die beleuchtete, voraussetzt, fällt bei den Flächenfarben ganz weg. Die Flächenfarben sind für das Wiedererkennen farbiger Verhältnisse der Außenwelt fast ohne Bedeutung. Sie wollen so wie sie erscheinen „als raumfüllendes Quale" genommen werden. Die Erkenntnis, welche uns die Flächenfarben hinsichtlich der farbigen Zuständlichkeiten der Stelle des Raumes, an der sie sich befinden, geben, ist im allgemeinen wegen der Menge der Faktoren, von denen diese Zuständlichkeiten abhängen können, von untergeordneter Bedeutung. Die Farbe, die im Loche des reduzierenden Schirmes erscheint, kann aus den verschiedensten Gründen gerade diese bestimmte Farbe sein. Es kommt vor, daß dieser oder jener Beobachter bei der Darbietung von Flächenfarben bestimmte Interpretationen der Farbeneindrücke vornimmt und so etwas wie Beschattung oder Belichtung in sie hineindeutet. Dergleichen Beobachtungen habe ich selbst zuweilen bei Spektralfarben gemacht. Das kann ihnen aber im allgemeinen ebensowenig zum Charakter der Oberflächenfarben verhelfen wie durch die Tatsache, daß belichtete oder beschattete Oberflächenfarben unter bestimmten Umständen als Flächenfarben aufgefaßt werden können, diese nun alle zu Flächenfarben gestempelt werden.

Die Dimensionen der Systeme der Flächen- und Oberflächenfarben. Wir sind im II. Abschnitt unserer Arbeit absichtlich nicht auf die Frage nach den Dimen-

sionen des Systems der Flächenfarben eingegangen, weil wir sie in leichterer Weise hier, nachdem wir die gleiche Frage in bezug auf das System der Oberflächenfarben beantwortet haben, zu lösen vermögen. Die verschiedenen Ausgeprägtheitsstufen der Oberflächenfarben entspringen daraus, daß die Farbenqualitäten der Objekte, die wir als fest annehmen, durch die wechselnde Beleuchtung beeinflußt werden. Da nach unseren vorstehenden Ausführungen bei Flächenfarben weder von einer Beleuchtung noch von einer durch sie repräsentierten Farbenqualität eines Farbendinges die Rede sein kann, so haben wir nicht zu erwarten, dieselbe Flächenfarbe in mehr als einer Stufe der Auspeprägtheit anzutreffen. Es liegt nahe, für den Fall, daß man Flächenfarben durch tonfreie Schirme derselben Helligkeit, aber verschiedener Ausgeprägtheit betrachtet, anzunehmen, daß man dabei dieselbe tonfreie Flächenfarbe in verschiedenen Stufen der Ausgeprägtheit wahrnehmen könne. Dagegen habe ich gefunden, daß man, wenn eine dahingehende Aussage gemacht worden war, nicht die Auffassung der reduzierten Farbe als Flächenfarbe festgehalten, sondern sie durch die Auffassung der Farbe als einer verschieden stark beleuchteten Oberflächenfarbe ersetzt hatte. Bei stark herauf- oder herabgesetzter Beleuchtung gewährt der Umstand, daß die Oberflächenstruktur des reduzierenden Schirmes eine Einbuße an ihrer Deutlichkeit erleidet, einer Angleichung in der Auffassung der Erscheinungsweisen des reduzierenden Schirmes und des reduzierten Farbeneindrucks Vorschub. Die Flächenfarbe gewinnt mehr die Erscheinungsweise der Farbe des reduzierenden Schirmes, also die einer Oberflächenfarbe. Die Auffassung als Flächenfarbe bleibt erhalten, wenn man etwa das geschlossene Augenlid oder, um nur tonfreie Farben zu erhalten, ein ganz dicht vor das offene Auge gehaltenes weißes, durchscheinendes Papier· oder Milchglas belichtet. Beleuchtungsänderungen, welche in diesem Falle das Gesichtsfeld treffen, werden als qualitative Änderungen der Flächenfarben aufgefaßt, nicht als solche der Ausgeprägtheit einer bestimmten Farbe. Es ist uns also keine Möglichkeit gegeben, unter Konstanterhaltung der Qualität einer Flächenfarbe nur ihre Ausgeprägtheit zu variieren. Dementsprechend ist das System der Flächenfarben in seiner Gesamtheit als dreidimensional aufzufassen. Die bislang übliche Darstellung der Farben in einem dreidimensionalen Gebilde kann demnach zwar nicht für die Oberflächenfarben, wohl aber für die Flächenfarben Geltung beanspruchen.

Von der Dimensionalität eines Farbensystems ist zu unterscheiden das, was man als seine Mächtigkeit bezeichnen könnte, wenn hierunter die Anzahl der zu einem System gehörigen unterscheidbaren Farbeneindrücke verstanden wird. Eine Untersuchung über die Mächtigkeit des Systems der Oberflächenfarben lag nicht in meiner Absicht.[1] Eine solche Untersuchung dürfte nicht zu wesentlichen theoretischen Entdeckungen führen. Die Tatsache aber, daß sie bis jetzt nicht ausgeführt ist, mag uns davon abhalten, mit Fragmenten von Farbenreihen, wie sie uns unsere Versuche geben, vorschnell wie mit ganzen zu operieren und, ohne stets von neuem an die Erfahrung zu appellieren, Schlüsse auf allgemeinere Verhältnisse zu ziehen.

Ich darf nicht verschweigen, daß der vorstehend entwickelten Anschauung, bei Flächenfarben dürfe nicht von einer Beleuchtung gesprochen werden, nicht von allen, die ich hierüber fragte, rückhaltslos zugestimmt worden ist. Daß auf eine Flächenfarbe, die in einem Loche erscheint, kein Schatten oder Licht aufgesetzt sein könne, wird zugegeben, sie soll aber doch in einer gewissen Beleuchtung erscheinen können. Ich vermute, daß bei den Beobachtungen, die zu der letzteren Behauptung die Veranlassung gegeben haben, nicht die Auffassung als Flächenfarben festgehalten, sondern durch die der Oberflächenfarben ersetzt worden ist. Hier müssen zukünftige weitergehende Analysen Klarheit schaffen. Ich prüfe an dieser Stelle auch nicht, ob und eventuell in welcher Weise durchscheinende flächenhafte und raumhafte Farben sowie Glanz durch die im Gesichtsfeld herrschende Beleuchtungsstärke beeinflußt werden.

Kapitel III.

Die tonfreien und bunten Oberflächenfarben bei buntfarbiger Beleuchtung.

§ 25. Beobachtungen und Versuche über die tonfreien und bunten Oberflächenfarben bei buntfarbiger Beleuchtung.

Als Beispiel für die weitgehende Unabhängigkeit der bunten Farbe eines Sehdinges von der Qualität der allgemeinen Beleuchtung führt Hering den folgenden Versuch an. „Die eine

[1] Vgl. hierzu die Ausführungen von v. Kries über die Anzahl der unterscheidbaren Farbenempfindungen. Kries I, S. 59.

Kathetenfläche des rechtwinkligen Holzprismas in einem BOUGUERschen Photometer bedecke ich mit einem ganz ebenen, nicht glänzenden braunen, die andere mit einem ebensolchen ultramarinblauen Papier, welche beide sorgfältig für den Versuch ausgewählt worden sind. Das braune Papier beleuchte ich mittels eines Spiegels durch das Licht der weißen Himmelsfläche, das andere durch eine gewöhnliche Gasflamme oder eine Edisonlampe .... Durch das vertikale Rohr des Photometers betrachtet, erscheint bei passend gewählter Intensität des künstlichen Lichtes das „blaue" Papier genau so wie das „braune", d. h. ebenfalls braun, weil in solchem Lichte die blauwirkenden Strahlen von den gelbwirkenden völlig übertönt werden. Schließe ich aber die Fensterläden, beleuchte das ganze Zimmer mit Gas- oder Edisonlampen und nehme beide Papiere aus dem Apparat, so erscheint mir sofort das „blaue" Papier, obwohl es nach wie vor von demselben künstlichen Lichte beleuchtet ist und noch immer dasselbe Strahlgemisch in mein Auge schickt, nicht mehr braun, sondern wieder blau, wie bei Tagesbeleuchtung, wenngleich dunkler, während das „braune" Papier nach wie vor braun aussieht. Hierbei ist ganz gleichgültig, ob der Beobachter die „wirkliche" Farbe der Papiere kennt oder nicht."[1] HERING sieht die Tatsache, daß das blaue Papier auch bei Lampenlicht blau erscheint, als einen Erfolg der chromatischen Umstimmung des Auges an. Schon in meiner Mitteilung führte ich Versuche an, welche diese Auffassung als nicht zutreffend erscheinen ließen.[2] Ich muß allerdings gestehen, daß mir die positive Erklärung des hier vorliegenden Kreises von Tatsachen zunächst erhebliche Schwierigkeiten bot. Den Schlüssel zu deren Verständnis gewährte auch hier die schärfere Herausarbeitung des phänomenologischen Momentes der (buntfarbigen) Beleuchtung.

Wenn wir mit neutral gestimmtem Auge in ein Zimmer treten, das von Gas- oder Edisonlampen beleuchtet ist, so beobachten wir eine gewisse Tönung aller von dem künstlichen Lichte getroffenen Oberflächenfarben. Diese Tönung macht sich nicht für alle Farben gleich stark bemerkbar, sie fällt bei den helleren stärker in die Augen als bei den dunkleren, von den buntfarbigen sind es (bei der angegebenen Beleuchtung) die gelblichrötlichen, die die

[1] HERING VI, S. 15.
[2] Mitteilung, S. 7 ff.

geringste Veränderung erleiden. Bei längerem Aufenthalt in dem Zimmer nimmt die Tönung zuerst rasch, dann langsamer ab. Sie wird aber auch bei sehr langem Aufenthalt nicht gleich Null, eine gewisse Tönung aller Oberflächenfarben im Sinne der buntfarbigen Beleuchtung bleibt bestehen. Das Zurücktreten der Buntfärbung beruht auf der einsetzenden chromatischen Umstimmung des Auges. Wenn nach sehr langem Aufenthalt die Buntfärbung nicht weiter in merkbarem Grade zurückgeht, so hat sich ein gewisser Gleichgewichtszustand zwischen der Zersetzung und der Produktion gewisser Sehmaterialien eingestellt. Wir behaupten nun im Gegensatz zu HERING, daß die Buntfärbung, welche die Oberflächenfarben im buntfarbig erleuchteten Raum erleiden, in jedem Augenblick niedriger ist, als sie auch unter voller Berücksichtigung der gerade vorhandenen chromatischen Umstimmung des Auges sein sollte. Diese Behauptung läßt sich experimentell erweisen.

Es ist praktisch, bei den Versuchen das von HERING[1] angegebene Prinzip des Doppelzimmers anzuwenden. In der Verbindungstür zweier Zimmer (s. Fig. 17) befindet sich eine so große

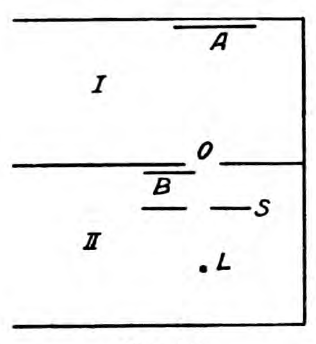


Fig. 17.

Öffnung 0, daß man, in dem einen derselben stehend, das andere überblicken kann, wenn man den Kopf in diese Öffnung bringt. Zimmer I wird durch eine Gasflamme (Schnittbrenner) erleuchtet. An der Wand desselben befindet sich eine große weiße Scheibe A (Hauptscheibe), die als Prüfungsobjekt dient. Der Beobachter be-

[1] HERING V, S. 522.

findet sich in dem von Tageslicht erleuchteten Zimmer II, in dem dicht neben O ein Farbenkreisel mit der Vergleichsscheibe B aufgestellt ist. Der Beobachter blickt zunächst durch das Loch eines reduzierenden Schirmes S, der so aufgestellt ist, daß das Loch zu nahezu gleichen Teilen von Flächenstücken der Scheiben A und B erfüllt scheint. Damit kein Unterschied des Farbentons, der Helligkeit oder der Sättigung zwischen A und B bleibt, muß B für mich selbst folgende Einstellung erhalten. Einstellung I: B = 162° Gelb 198° Orange. (Reduktion des Farbeneindrucks von A auf eine qualitativ und intensiv normale Beleuchtung.)

Dieser Wert gibt ohne weiteres zu erkennen, welchen Eindruck die Hauptscheibe A machen würde, wenn sie in einem qualitativ und intensiv normal beleuchteten Raum dieselbe Strahlung in das Auge senden würde wie unter den jetzt vorhandenen Umständen. Stecke ich nun den Kopf in die Öffnung O, so büßt A ganz beträchtlich an Sättigung ein. Versuche ich, indem ich A von O aus, B von L aus betrachte[1], wieder (bei binokularer Betrachtung) eine Gleichung zwischen A und B herzustellen, so muß ich B etwa folgende Einstellung II geben, um der Gleichheit des farbigen Eindrucks von A und B möglichst nahezu kommen.

Einstellung II: B = 157° Gelb 47° Orange 156° Weiß.

Die beträchtliche Sättigungseinbuße, welche A nach dieser Einstellung durch die veränderte Art seiner Betrachtung erfährt, ist nicht auf eine durch die Beobachtungsdauer von A bedingte chromatische Umstimmung des Auges zurückzuführen. Denn diese Beobachtungsdauer beträgt im ganzen nur 1—2 Sekunden. Aber auch der Umstand, daß bei der Einstellung II ein viel größerer Teil des Gesichtsfeldes von buntfarbigem Licht getroffen wird als bei der Einstellung I, kann nicht infolge der Wechselwirkung der Sehfeldelemente für A eine Sättigungseinbuße von der Größenordnung bewirken, wie sie hier zu beobachten ist.[2] Man spanne einen großen Bogen buntfarbigen Papieres hoher Sättigung an einer Wand auf. Wenn man sich diesem Papier

---

[1] Der Vergleich der beiden Scheiben fand also sukzessiv statt, was möglicherweise die Güte des Vergleichs etwas beeinträchtigt hat.

[2] Wegen der beträchtlichen Dimensionen der Farbenflächen A und B glaubte ich, darauf verzichten zu dürfen, auch die Hintergründe beider von retinal gleicher Wirksamkeit zu machen.

schnell annähert, sodaß es unter einem vielmals größeren Gesichtswinkel erscheint, so tritt keine Sättigungseinbuße der bunten Farbe ein, die einen solchen Grad besitzt, daß man sie ohne weitere Hilfsmittel konstatieren könnte. In diesem Falle müßte die Wechselwirkung der Netzhautstellen sogar von noch größerer Wirksamkeit sein als bei unserem Versuch mit der buntfarbigen Beleuchtung, wo nur ein kleiner Teil der das Gesichtsfeld füllenden Objekte buntfarbiges Licht h o h e r Stärke in das Auge schickte. Aber das Unternehmen, das Zurückbleiben der Sättigung von A hinter dem Sättigungsgrad, der nach der vorhandenen retinalen Erregungsstärke zu erwarten wäre, aus einer chromatischen Umstimmung des Auges abzuleiten, muß überhaupt als unzulänglich erscheinen, wenn man noch einmal den Tatbestand, der bei Betrachtung von A gegeben ist, genau überprüft. Wir haben dabei gar nicht dem Umstand Rechnung getragen, daß die Scheibe A nicht in normaler Beleuchtung, sondern samt ihrer ganzen Umgebung i n b u n t f a r b i g e r B e l e u c h t u n g g e s e h e n w i r d. Ich betone g e s e h e n w i r d , weil es sich bei dieser buntfarbigen Beleuchtung n i c h t u m e i n W i s s e n o d e r e i n E r s c h l o s s e n e s , s o n d e r n u m e i n i n d e r A n s c h a u u n g e r f a ß b a r e s M o m e n t h a n d e l t. Die Objekte mit ihren farbigen Qualitäten werden in gleicher Weise hier als einem Gesichtsfeld b u n t f a r b i g e r Beleuchtung angehörig erfaßt wie in den Fällen der Änderung der S t ä r k e der tonfreien Beleuchtung als einem Gesichtsfeld erhöhter oder herabgesetzter Beleuchtung angehörig. Ohne Berücksichtigung der bestehenden Beleuchtungsverschiedenheit von A und B ist auch die oben mitgeteilte Einstellung II leicht mißzuverstehen. Sie besagt nur: Von allen auf B möglichen Einstellungen ist die mitgeteilte diejenige, welche die Oberflächenfarbe von A, d i e m a n i n d e m G e s i c h t s f e l d r ö t l i c h g e l b e r B e l e u c h t u n g w a h r n i m m t , relativ am besten ihrem Farbenton und ihrer Sättigung nach trifft. (Auch die Helligkeit von A gibt sie annähernd wieder, wenngleich bei der Einstellung mehr auf die Gleichheit des Farbentons und der Sättigung geachtet worden ist.) Es ist aus der Einstellung II zu ersehen, daß die buntfarbige Beleuchtung hier ebensowenig eine ideale Berücksichtigung erfährt, wie in den früheren Versuchen bei Änderung der tonfreien Beleuchtungs s t ä r k e die veränderte Beleuchtungsstärke eine ideale Berücksichtigung erfuhr. Vielmehr erleiden die Oberflächenfarben

eine Tönung im Sinne der buntfarbigen Beleuchtung. Es ist bei diesem Versuch nicht möglich, durch einen bestimmten Quotienten die chromatische Änderung, die Sättigungseinbuße, welche die Oberflächenfarbe durch die Erfassung ihrer buntfarbigen Beleuchtung auf zentralem Wege erleidet, ebenso einfach zu charakterisieren wie früher die zentral bedingten Helligkeitsänderungen bei Änderungen der Beleuchtungsstärke.

Ein besonderes Interesse werden wir dem Versuch entgegenbringen, in dem die Hauptscheibe A buntfarbiges Licht aussendet, welches dem Licht unserer künstlichen Lichtquelle vollständig oder annähernd komplementär ist. Das Strahlgemisch, welches von einer blauen Hauptscheibe A, die von dem rötlichgelben Licht unserer Gasflamme getroffen wird, zurückgeworfen wird, ist charakterisiert durch die

Einstellung I: B = 330° Schwarz 18° Weiß 12° Violett.

Diese Einstellung löst den Eindruck eines rötlichen Dunkelgrau aus, die Blaukomponente des Violett macht sich nicht bemerkbar. Nach dem oben (S. 271) angegebenem Verfahren finden wir

Einstellung II: B = 312° Schwarz 16° Weiß 32° Violett.

Die Blaukomponente tritt hier neben der Rötlichkeit deutlich hervor. Wenn wir es von vornherein aus triftigen Gründen ablehnten, Versuche mit buntfarbiger Beleuchtung überhaupt durch chromatische Umstimmungen zu erklären, so werden wir selbstverständlich diese Erklärung nicht für den Fall wieder aufnehmen, daß A gerade eine blaue Farbe besitzt. Auch hier ist die Sachlage einfach eine solche, daß die eigentliche Farbe (das Blau) bei der Wahrnehmung der besonderen Beleuchtungsqualität stärker zu ihrem Rechte kommt. Wenn in unserem letzten Versuch eine blaue Oberfläche in rötlichgelber Beleuchtung erscheint, so sollte uns das eigentlich nicht seltsamer vorkommen wie das Vorkommen einer weißen Farbe in einem Gesichtsfeld herabgesetzter, einer schwarzen Farbe in einem Gesichtsfeld heraufgesetzter Beleuchtungsstärke. Fälle der letzteren Art, wie wir sie in den früheren Versuchen mit Änderung der tonfreien Beleuchtungsstärke konstatierten, erscheinen uns vermutlich nur darum weniger merkwürdig, weil uns bei den tonfreien Farben neben diesem Vorkommen von Weiß in der Dunkelheit, von Schwarz in der Lichtheit auch in den grauen Farben die Druchdringung

von Schwarz und Weiß geläufig ist, die wir bei Blau und Gelb (und wie wir gleich hinzufügen wollen bei Rot und Grün) in unserer Erfahrung nicht antreffen. Da nach unserer Erfahrung helle Farbeneindrücke im allgemeinen mehr bei hoher, dunkle Farbeneindrücke mehr bei niedriger Beleuchtungsstärke vorzukommen pflegen, so gewinnen für unser Bewußtsein Weiß und starke Beleuchtung (Lichtheit), Schwarz und schwache Beleuchtung (Dunkelheit) eine gewisse Verwandtschaft. Das zeigt sich auch darin, daß man nicht konsequent diese verschiedenen Momente der Farbenerlebnisse durch die Sprache auseinander zu halten pflegt. Gäbe es gelbblaue (rotgrüne) Oberflächenfarben, so wie es schwarzweiße gibt, so würden wir wohl das Vorkommen einer blauen (roten) Oberflächenfarbe in einem Gesichtsfeld gelber (grüner) Beleuchtung weniger auffällig finden.

Ich muß hervorheben, daß die genaue Bestimmung des farbigen Eindrucks von A bei buntfarbiger Beleuchtung große Schwierigkeiten bietet. Zumal die Beurteilung, welche blaue oder grünlichblaue Oberflächenfarben bei rötlichgelber Beleuchtung erfahren können, ist von einer merkwürdigen Labilität. Wenn diese Oberflächenfarben von niedriger Sättigung sind, so kann es sehr wohl vorkommen, daß die Beobachter bei unveränderter Reizung und gleicher chromatischer Stimmung des Auges nacheinander die Oberflächenfarben als schlicht grau oder gelblich oder bläulich bezeichnen. Zufällige Schwankungen in der Auffassung der Beleuchtung dürften hierfür verantwortlich sein.

Vielleicht wollen andere Beobachter das Erlebnis einer blauen Oberflächenfarbe in gelblicher Beleuchtung in anderer Weise beschrieben haben, als es von unserer Seite geschah. Es kommt aber schließlich auf die Beschreibung weniger an, wenn nur die Tatsache selbst Anerkennung findet, daß hier wirklich ganz eigenartige, bis jetzt in ihrer Besonderheit nicht erfaßte Farbenerlebnisse vorliegen. Inbezug auf alle Farbenerlebnisse, die man in einem Gesichtsfeld deutlich bunter Beleuchtung erhält, gilt: I n n e r h a l b e i n e s q u a l i t a t i v n o r m a l b e l e u c h t e t e n G e s i c h t s f e l d e s w i r d m a n v e r g e b l i c h F a r b e n e i n d r ü c k e h e r z u s t e l l e n v e r s u c h e n, d i e d e n e n i n j e d e r B e z i e h u n g g l e i c h e n, w e l c h e w i r i n b u n t f a r b i g b e l e u c h t e t e n G e s i c h t s f e l d e r n a n t r e f f e n. Dies dürfte auch Hering in seinem oben mitgeteilten Versuch übersehen haben. Bei der Beleuchtung durch eine Gasflamme oder eine Edisonlampe liegt kein schlichtes (d. h. qualitativ normal beleuchtetes) Blau vor, sondern ein Blau r ö t l i c h g e l b e r Beleuchtung.

Viele der Beleuchtung dienende künstliche Lichtquellen besitzen eine ausgesprochene gelbe bis rötlichgelbe Tönung, so das Petroleumlicht, Gaslicht, Kerzenlicht, jedes elektrische Glühlicht. Da auch das direkte Sonnenlicht als das in der Natur am häufigsten angetroffene bunte Licht die Objekte in rötlichgelber Färbung erscheinen läßt, so könnte man denken, daß eine Berücksichtigung buntfarbiger Beleuchtungsverhältnisse nur dann wie in den von uns mitgeteilten Versuchen stattfindet, wenn die ganz speziellen Erfahrungen, die wir bei rötlichgelber Beleuchtung von Objekten gesammelt haben, in Wirksamkeit treten können. Versuche, die ich mit anderen Beleuchtungsqualitäten mit ähnlichem Erfolg angestellt habe, lassen diese Annahme nicht zu. Ich umhüllte den Gasbrenner des Zimmers I gänzlich mit einem Bogen gesättigter bunter Gelatine und erzielte so im Zimmer I die entsprechende bunte Beleuchtung. War die Scheibe A wieder weiß, so ergaben sich folgende drei Wertpaare, zu deren Verständnis ich wohl nichts hinzuzufügen brauche.

Rote Beleuchtung.

Einstellung I: B = 360° Rot.
„ II: B = 335° Rot 25° Weiß.

Grüne Beleuchtung.

Einstellung I: B = 360° Grün.
„ II: B = 323° Grün 37° Weiß.

Blaue Beleuchtung.

Einstellung I: B = 360° Blau.
„ II: B = 327° Blau 33° Weiß.

Durch Regulierung der Gasflamme und zweckmäßige Auswahl sowohl der farbigen Gelatine als der bunten Papiere erreichte ich es, daß ich bei den Einstellungen I stets von 360° der entsprechenden bunten Farbe ausgehen konnte.

Sicher begegnen uns im Leben buntfarbige Beleuchtungen von der Qualität und „Sättigung"[1] der vorstehenden drei außerordentlich selten. Daß die Versuche trotzdem ein beträchtliches Zurücktreten der Sättigung der Oberflächenfarben bei der Wahrnehmung ihrer besonderen Beleuchtungsqualität erkennen lassen, ist insofern von prinzipieller Bedeutung, als sie zeigen, daß Beleuchtungsverhältnisse, für die keine speziellen

[1] Es ist wohl ohne nähere Ausführung klar, in welchem Sinne ich von der Sättigung einer bunten Beleuchtung spreche.

E r f a h r u n g e n g e m a c h t w o r d e n s i n d , in einem gewissen Grade berücksichtigt werden können.

Bietet man bei roter Beleuchtung grüne oder bei grüner Beleuchtung rote Oberflächenfarben dar, so ist der Eindruck grüner und roter Oberflächenfarben von komplementärer Beleuchtung zwar auch vorhanden, stellt sich aber nicht mit der Deutlichkeit ein, mit der Blau in komplementärer Beleuchtung erscheint.

Es ist für die Deutlichkeit der buntfarbigen Beleuchtung sowie für den Grad ihrer Berücksichtigung fast ohne Bedeutung, ob die L i c h t q u e l l e s e l b s t vom Beobachter gesehen werden kann oder nicht. Der Eindruck der Beleuchtungsherabsetzung ließ sich nicht nur durch eine Dämpfung der Lichtquelle erzielen, sondern auch dadurch, daß wir einen reizschwächenden lichtlosen Episkotister zwischen die Objekte und unser Auge brachten. Auch der Eindruck einer buntfarbigen Beleuchtung läßt sich nicht nur unter Verwendung einer buntfarbiges Licht liefernden Lichtquelle, sondern einfacher dadurch auslösen, daß wir zwischen das Auge und die Objekte buntfarbige Gelatineplatten bringen. Die Gelatine darf aber nicht von zu hoher Sättigung sein, weil darunter die Deutlichkeit der besprochenen Erscheinungen leidet. Mittlere Sättigungsstufen der buntfarbigen Beleuchtung eignen sich für unsere Versuche am besten.

Die Einstellungen dieses Kapitels habe ich wegen Zeitersparnis selbst vorgenommen. Es folgen unten (§ 30) Versuche bei buntfarbiger Beleuchtung mit anderen Beobachtern. Bei der Vergleichung von Oberflächenfarben, die unter qualitativ verschiedener Beleuchtung stehen, ist mit g r o ß e n i n d i v i d u e l l e n D i f f e r e n z e n zu rechnen. Das folgt schon daraus, daß bei den Versuchen, über die auf S. 104 ff., S. 163 ff. und S. 236 ff. berichtet worden ist, und die, wie wir später zeigen werden, auch als Versuche aufzufassen sind, in denen eine buntfarbige Beleuchtung hineinspielt, große individuelle Verschiedenheiten hinsichtlich der Wahrnehmung buntfarbiger Komponenten zu konstatieren waren.

In denjenigen Fällen, in denen ich eine blaue Oberflächenfarbe in gelblicher Beleuchtung zu erfassen glaube, braucht k e i n e S p u r von einer g r ü n l i c h e n Komponente vorhanden zu sein. Ich erwähne das nur, um die Bemerkung einzuschalten, daß, wenn FR. BRENTANO [1] die Zusammensetzung des Grün aus Gelb und Blau behauptet, er nicht an eine „Durch-

[1] FR. BRENTANO. Untersuchungen zur Sinnespsychologie. Leipzig 1908.

dringung" dieser beiden Komponenten wie bei den Beleuchtungen der vorstehenden Art denkt. Er hat dabei ein normal beleuchtetes Grün im Auge. Wir glauben die Annahme BRENTANOS, die einen Einwand gegen eine psychologische Voraussetzung der HERINGschen Farbentheorie bedeutet, durch spätere Betrachtungen widerlegt zu haben. (Anhang zu § 32.) An dieser Stelle wollen wir uns kurz mit einem anderen Einwand BRENTANOS gegen die HERINGsche Theorie beschäftigen. Br. hält es mit derselben unverträglich, daß sowohl in der Technik wie in der Malerei rotgrüne Farben gar nicht so selten anzutreffen seien. Demgegenüber möchte ich betonen, daß ich niemals Oberflächenfarben qualitativ normaler Beleuchtung begegnet bin, die in gleich deutlicher Weise eine Rot- und eine Grünkomponente gezeigt hätten wie etwa eine Rot- und eine Blaukomponente. Br. erwähnt den rotgrünen Vorhang auf einem Gemälde. Hier ist vielleicht auch eine buntfarbig beleuchtete Oberflächenfarbe wiedergegeben.

Es ist eine naheliegende Aufgabe, zu ermitteln, bei welcher Stärke der Beleuchtung durch buntfarbiges Licht sich eben der Eindruck einer buntfarbigen Beleuchtung des Gesichtsfeldes einstellt. Bevor dieser Eindruck eintritt, kann sich die von der normalen abweichende Beleuchtung bereits dadurch bei der Wahrnehmung der farbigen Qualitäten von Oberflächenfarben geltend machen, daß die letzteren in viel niedrigerer Sättigung erscheinen als ihrem Reizwerte (durch Reduktion auf die qualitativ normale Beleuchtung zu ermitteln) entspricht. Der Gesamteindruck eines Gesichtsfeldes, in dem eine unter der Schwelle der Bemerkbarkeit liegende Buntfärbung vorhanden ist, braucht nicht derselbe zu sein, gleichgültig, ob diese oder jene, z. B. rote oder blaue, Buntfärbung vorliegt. Ehe ein Urteil über die Qualität der Beleuchtung gefällt werden kann, vermag sie vielleicht schon als warm oder als kalt bezeichnet zu werden.

Es können natürlich alle möglichen Kombinationen qualitativ und intensiv nicht normaler Beleuchtungen vorkommen. Wir wollen eine buntfarbige Beleuchtung als intensiv normal betrachten, wenn die ihr unterstehenden Oberflächenfarben bei ihrer Reduktion auf die intensiv normale Beleuchtung ihre Helligkeit nicht ändern.

Kapitel IV.

Beobachtungen und Versuche über die Farbeneindrücke auf der Peripherie der Netzhaut.

§ 26. Über die verschiedenen Eindringlichkeitsstufen der Farben bei zentraler und peripherer Betrachtung.

Wir glauben nicht, daß sich jemand gegenüber den früher mitgeteilten Versuchen der Erkenntnis von der Zweidimensionalität der Mannigfaltigkeit der tonfreien Oberflächenfarben verschließen

wird. Denn der Einwand, der Demonstration dieser Tatsache fehle es an der überzeugenden Wirkung, weil die verschiedenen Ausgeprägtheitsstufen derselben Qualität niemals streng genommen simultan erlebt würden und somit in dieser Beziehung eine Täuschung von seiten unseres Farbengedächtnisses zu befürchten sei, muß gegenüber den beobachtbaren Differenzen der Ausgeprägtheitsstufen, die alles eher denn gerade an der Schwelle der Merkbarkeit liegen, völlig verstummen. Gewisse Modifikationen von Farbeneindrücken, die mit den Änderungen von Farbeneindrücken hinsichtlich ihrer Ausgeprägtheit zweifellos Ähnlichkeit haben, sind nun aber simultan im strengsten Sinne des Wortes erlebbar, ja wir können sagen, es werden solche in jedem Augenblick erlebt, wo man den Blick auf eine hinreichend große gleichfarbige Fläche richtet. Man stelle sich vor einer gleichförmig weißen Papierfläche so auf, daß die Netzhaut möglichst in ihrer ganzen Ausdehnung von deren Lichtstrahlen getroffen wird. Fast das ganze Gesichtsfeld ist dann von einer weißen Farbenfläche erfüllt; man wird zwar nicht die volle Gleichheit der einzelnen Flächenteile in bezug auf ihre Helligkeit behaupten, doch kann man mit Sicherheit sagen, daß die Farbenfläche in ihrem ganzen Umfang annähernd dieselbe Helligkeit besitzt. Trotz dieser näherungsweise bestehenden Helligkeitsgleichheit der zentralen und der peripheren Flächenteile unterscheiden sich deren Farbeneindrücke doch noch in spezifischer Weise voneinander, und ich wüßte nicht, wie man die verbleibenden Differenzen anders charakterisieren sollte als dahin, daß die Eindringlichkeit der Qualität Weiß von der als Fixationspunkt gewählten Stelle der Fläche aus abnimmt nach den peripherer gelegenen Teilen, den Grenzen des Sehfeldes hin, wo das Weiß, ohne seine Qualität wesentlich geändert zu haben, den Nullpunkt der Eindringlichkeit erreicht, d. h. verschwindet. Es muß späteren Untersuchungen vorbehalten werden, zu ermitteln, welche bestimmte Abhängigkeitsbeziehung zwischen der Exzentrizität der Abbildung einer Fläche und der Eindringlichkeitsstufe ihrer Farbe besteht.[1] So viel können wir jedenfalls schon jetzt sagen, daß die Eindringlichkeit nach der Peripherie hin zurückgeht, nachdem sie sich innerhalb eines ge-

---

[1] Wo im folgenden periphere Netzhautstellen den zentralen gegenübergestellt werden, sind stets periphere Netzhautstellen von hoher Exzentrizität gemeint.

wissen zentralen Gebietes auf ungefähr gleicher Höhe gehalten hat. Wir erleben eine ganze Reihe von Eindringlichkeitsstufen derselben Farbe simultan, wenn eine Fläche gleichförmiger Färbung unter genügend großem Gesichtswinkel erscheint.

Zwischen dem Eindruck einer (z. B. weißen) Farbe, die bei herabgesetzter Beleuchtung und zentraler Betrachtung ausgelöst wird, und dem Eindruck derselben (weißen) Farbe, die sich bei normaler Beleuchtung von der Peripherie her darbietet, besteht eine gewisse Verwandtschaft, sodaß man sich zunächst versucht fühlt, auch die letztere Farbe als solche niederer Ausgeprägtheit zu bezeichnen. Beide Farbeneindrücke unterscheiden sich aber doch hinsichtlich verschiedener Beziehungen; die niederen Stufen der Ausgeprägtheit, die wir bei Herabsetzung der Beleuchtungsstärke im Gesichtsfeld erhielten, besaßen vielfach noch eine besondere, mehr oder weniger deutliche Verhüllung mit Schwärzlichkeit; so konnte zuweilen eine schwärzliche Komponente von einer weißlichen im Farbenerlebnis abstraktiv gesondert werden. Für die niederen Stufen der Eindringlichkeit der Farben auf der Peripherie der Netzhaut besteht eine solche Verhüllung mit Dunkelheit nicht. Die verschiedenen Stufen der Ausgeprägtheit einer Farbe zeigten sich nur bei verschiedenen Beleuchtungsstärken des Gesichtsfeldes. Verschiedene Eindringlichkeitsstufen einer Farbe zeigen sich in dem gleich stark beleuchteten Gesichtsfeld nebeneinander. Ja, sie zeigen sich auch für Flächenfarben, für die nach unseren Ausführungen auf S. 266 nicht in dem gleichen Sinne wie bei den Oberflächenfarben von einer Beleuchtung die Rede sein darf. Um sich verschiedene Eindringlichkeitsstufen einer Flächenfarbe zur Anschauung zu bringen, richte man nur den Blick auf die gleichförmige Farbe der Himmelsfläche. Offenbar könnte man bei den peripher wahrgenommenen Farben mit mehr Recht von niederen Intensitätsstufen der Farben sprechen als bei den Farben, die sich bei niedriger Beleuchtungsstärke darbieten. Dies zu tun verhindert uns nur der Umstand, daß die niedere Intensität an das Erscheinen der Farbe auf der Peripherie gebunden ist (vgl. die analoge Ausführung auf S. 83).

Die Variation eines Farbeneindrucks nach seiner Eindringlichkeit in dem vorstehend auseinandergesetzten Sinn ist also von anderer Natur als seine Variation nach der Ausgeprägtheit. Sowohl die Mannigfaltigkeit der Flächenfarben als die der Oberflächenfarben wird, wenn man anerkennt,

daß die Variation eines Farbeneindrucks in bezug auf seine Eindringlichkeit seinen Variationen nach Farbenton, Helligkeit und Sättigung oder seiner Variation nach Ausgeprägtheit koordinierbar sei, durch die Variation der zu diesen Systemen gehörigen Farben nach ihrer Eindringlichkeit um eine neue Dimension erweitert. Allerdings wird man die Anschauung dieser Koordinierbarkeit ohne eine eingehende Untersuchung der Beziehungen, die zwischen der Eindringlichkeit und der Ausgeprägtheit einer Farbe bestehen, sowie ohne eine Untersuchung der Frage, welche Bedeutung dem Verhalten der Aufmerksamkeit bei diesen verschiedenen Farbenerlebnissen zukommt, nicht vertreten wollen.

Die verschiedenen Eindringlichkeitsstufen sind bei peripherer und zentraler Betrachtung für Weiß und die ihm benachbarten Farben am deutlichsten zu beobachten. Zu konstatieren sind aber die Eindringlichkeitsstufen auch, wenn man die helleren Farben durch dunklere ersetzt; sie lassen sich bis zu einem gewissen Grad auch beobachten, wenn man gesättigte b u n t e Farben statt der tonfreien verwendet. Ich kann mich nicht dazu entschließen, die Änderungen der farbigen Eindrücke, die man bei Betrachtung genügend großer bunter Farbenflächen auf der Peripherie erhält, einfach als solche der S ä t t i g u n g zu bezeichnen. Halten wir uns an die leichter zu diskutierenden Eindrücke tonfreier Farben[1], so ist noch hinzuzufügen, daß die mitgeteilten Änderungen der Eindringlichkeit auf der Peripherie unabhängig davon sind, unter welchen Beleuchtungsbedingungen die das Gesichtsfeld ausfüllenden tonfreien Farbenflächen sich befinden. Sie können diese oder jene Beleuchtungsstärke besitzen, ja, sie können mit einem wahrnehmbaren Schatten überdeckt sein, ohne daß hinsichtlich der Beschreibung der peripher wahrgenommenen Farbeneindrücke eine wesentliche Änderung eintreten müßte.

1. Das periphere Sehen hat das allgemeine Interesse der Sinnesphysiologen in den letzten Jahrzehnten in hohem Grade erregt. Wenn d i e Tatsachen des peripheren Sehens, die unseren vorstehenden Ausführungen zugrunde liegen, sich der Beobachtung oder wenigstens der wissenschaftlichen Formulierung fast ganz entzogen haben, so könnte man sagen, daß dieser Sachverhalt wieder ein Beispiel für die nicht mehr neue Erscheinung bietet, daß gewisse Phänomene, deren Existenz jeder anerkennt, nachdem ihre Aufweisung einmal erfolgt ist, sich lange Zeit der wissenschaftlichen Beobachtung entziehen können. Was aber überraschen muß, ist, daß Beobachtungen zu dem ausgesprochenen Zweck einer Vergleichung zentraler und peripherer

---

[1] Alle folgenden Betrachtungen beziehen sich auf tonfreie Farben. Wir konnten also ganz davon absehen, daß für verschiedene Teile der Netzhaut eine Verschiedenheit des buntfarbigen Sehens besteht.

Farbeneindrücke bereits mehrfach angestellt worden sind. MILE [1] muß die Tatsache, daß die Lichtstärke der Netzhautbilder aus dioptrischen Gründen nach der Peripherie hin eine Abnahme erfährt, zu der Behauptung verleitet haben, daß die Eindrücke auf der Peripherie dunkler werden, eine Behauptung, welcher die unmittelbare Wahrnehmung widerspricht. AUBERT sah die dioptrische Betrachtung MILES zu Recht bestehend an; indem er aber an die Wahrnehmung selbst appellierte, kam er in seinen Angaben hinsichtlich der Helligkeit peripherer Netzhautbilder der Wahrheit entschieden näher. AUBERT zeigte durch Versuche, daß ein weißes Quadrat bei peripherer Darbietung (25° Exzentrizität) dem helladaptierten Auge nur wenig dunkler erscheint als bei zentraler Darbietung[2]. Indem er gewisse Fehlerquellen der Versuche in Erwägung zieht, kommt er zu der Annahme, „daß der Lichtsinn in der ganzen Ausbreitung der Netzhaut keine irgend erheblichen Verschiedenheiten darbietet." AUBERT läßt also eine wichtige Korrektur der MILEschen Beobachtung eintreten. Er gibt aber keine vollständige Beschreibung der beobachtbaren Farbenphänomene. Die Beschreibung ist vollständig bei HERING, indem er erklärt, ...„daß eine und dieselbe Farbe oder Helligkeit sich mit so verschiedener Energie in unser Bewußtsein zu drängen vermag, je nachdem sie einen Teil des zentralen oder des peripheren Lichtfeldes bildet." (HERING VI, S. 108.) HERING hat es unterlassen, die von uns angestellten Betrachtungen seinen Beobachtungen anzufügen. Dies hindert ihn nicht, andere treffende Beobachtungen zu dem in Rede stehenden Punkte zu geben, denen man voll zustimmen muß.[3]

2. AUBERT hat sich in Anbetracht der von MILE über die Lichtstärke zentraler und peripherer Netzhautbilder gegebenen und von ihm anerkannten „physikalischen Deduktion" die Frage vorgelegt, ob diese nicht einer Ergänzung durch eine „physiologische Deduktion" (a. a. O. S. 95) bedürfe, von der Art, daß den peripheren Teilen der Netzhaut eine gegenüber der Schwäche des sie treffenden Lichtes so gesteigerte Empfindlichkeit zukomme, daß die durch sie ausgelöste Empfindung der zentralen an Stärke gleichkomme. Offenbar ist nach unseren Beobachtungen, nach denen die periphere Erregung Farben von niedrigerer Eindringlichkeit aus-

---

[1] J. MILE. POGGENDORFFS Ann. Bd. 22, 1837, S. 239 f.

[2] AUBERT. Physiologie der Netzhaut. Breslau 1864. S. 92 ff.

[3] „Auch daß die Farben des peripheren Sehfeldes durchschnittlich viel weniger ins Bewußtsein oder richtiger gesagt ins bewußte Gedächtnis gelangen, als wie die des zentralen, kann nicht darauf beruhen, daß sie weniger „intensive" d. h. hier weniger helle Gesichtsempfindungen wären als die letzteren, denn bei Tage ist die durchschnittliche Helligkeit der Farben selbst in der Nähe der Sehfeldgrenze nicht kleiner, und sie sind nicht schwärzlicher als in der Sehfeldmitte. Ebenso können die Grenzen des Sehfeldes nicht dadurch bedingt sein, daß die „Intensität" der Lichtempfindungen hier auf ihren, angeblich dem tiefsten Schwarz entsprechenden Nullpunkt sinkt; denn an der Grenze des Sehfeldes und über sie hinaus wird nicht schwarz, sondern überhaupt nicht gesehen". HERING VI, S. 109.

löst, die Annahme einer Empfindlichkeitssteigerung von der Art, wie sie AUBERT im Auge hat, nicht vonnöten. Nur kurz verweise ich darauf — was dieser Fall wieder zu erkennen gibt — wie wichtig auch für die Erkenntnis sinnesphysiologischer Verhältnisse eine zutreffende Beschreibung der Bewußtseinsphänomene ist; ohne sie kann man zu ganz falschen Annahmen über sinnesphysiologische Dinge (hier über die Verhältnisse der Lichtempfindlichkeit der Netzhautperipherie) gelangen. Die AUBERTsche Deutung gibt aber, wenngleich sie von falschen Voraussetzungen ausgeht, den Gedanken ein, ob nicht individuelle Erfahrungen, an die AUBERT bei der physiologischen Deduktion auch zu denken scheint, bei der von uns beschriebenen Farbenwahrnehmung der Peripherie mit im Spiele sind. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß es ein Produkt der Erfahrung ist, wenn wir eine große, objektiv gleichfarbige Fläche in ihrer ganzen Ausdehnung wirklich gleichfarbig sehen.[1]

Ähnliche Einwände, wie wir sie vorstehend gegen AUBERT erhoben haben, sind auch gegen die Folgerungen zu erheben, die A. KIRSCHMANN aus seinen Untersuchungen über die Helligkeitsempfindung im indirekten Sehen (Philos. Stud. Bd. 5, 1889) ableitet. Es ist sehr wohl möglich, daß manchen Beobachtern, so wie es bei KIRSCHMANN selbst der Fall war, eine weiße Fläche bei Betrachtung mit peripheren Netzhautstellen bestimmter Exzentrizität heller erscheint als bei zentraler Betrachtung, obwohl ich eine solche Verschiedenheit für mein helladaptiertes Auge nicht konstatieren kann. Man darf aber über diesen vielleicht vorhandenen Helligkeitsunterschied nicht die geringere Ausgeprägtheit der peripheren Farbeneindrücke vergessen. Es ist darum nicht ohne weiteres gestattet, zu behaupten, daß die seitlichen Partien der Netzhaut bei helladaptiertem Auge lichtempfindlicher seien, wie es KIRSCHMANN tut (a. a. O. S. 453).

§ 27. Die Wahrnehmung tonfreier Papiere verschieden starker Beleuchtung durch die Netzhautperipherie. Beschattete und belichtete Oberflächenfarben auf der Netzhautperipherie.

Bei der HESSschen Methode zur Bestimmung der Helligkeitswerte der bunten Farben wird von der Untüchtigkeit der Netzhautperipherie in der Wahrnehmung der Buntheit farbiger Ein-

[1] In diesem Sinne ist auch wohl SPEARMANS Angabe zu verstehen, daß man eine „große gleichgefärbte Fläche derart wahrnimmt, als ob der ganze physiologische Eindruck dem in der fovea centralis gleich wäre, was bekanntlich bei weitem nicht der Fall ist.“ Er bringt diese Erscheinung unter das Prinzip der Angleichung von Sinneseindrücken. A. a. O. S. 485. Auf die gleiche Erscheinung macht WUNDT aufmerksam und gibt dafür eine ähnliche Erklärung (WUNDT II, S. 369). An gleicher Stelle verweist W. auf die Analogie dieser Erscheinung zu der Erscheinung der Ausfüllung des blinden Flecks.

drücke Gebrauch gemacht. Die Ausführung messender Versuche wird durch den Umstand erleichtert, daß die Lokalisation von Gesichtseindrücken peripher an Bestimmtheit verliert und infolgedessen die in dem Loche des oberen Pappdeckels des auf S. 104 von uns erwähnten Hessschen Apparates erscheinende bunte Farbe, deren Helligkeitswert ermittelt werden soll, bei der peripheren Betrachtung in der Ebene dieses Pappdeckels zu liegen scheint. Hiernach könnte man das Ergebnis der Versuche, über die wir im folgenden berichten wollen, fast voraussagen. Fixiere ich aus einiger Entfernung monokular die Mitte einer in einem Zimmer aufgestellten, hinreichend großen grauen Papierfläche, so erlebe ich in peripheren Teilen des Gesichtsfeldes die niederen Stufen der Eindringlichkeit dieses Grau. Es muß nun für den erlebten Farbeneindruck keinen Unterschied machen, wenn ich ein seitliches Stück des grauen Papieres entferne und durch ein der Netzhaut gleichviel Licht zusendendes Papier ersetze, das sich in anderer Entfernung als das graue Papier befindet. Führt man den Versuch aus, so bestätigt sich diese Vermutung. Ich schneide aus der grauen Papierfläche f ein seitliches Stück heraus und stelle in größerer Entfernung dahinter eine die Öffnung bei peripherer Betrachtung ausfüllende Papierfläche a von retinal gleicher Wirksamkeit wie das graue Papier (damit a, welches sich unter schwacher Beleuchtung befindet, von gleicher Lichtstärke wie f ist, muß es natürlich von größerer Reflexionsfähigkeit, also heller genommen werden als f), oder ich hänge an feinen Fäden vor seitlichen Teilen der grauen Fläche ein Stück tonfreies Papier b wieder von retinal gleicher Wirkung wie f auf (in diesem Fall ist b von niedrigerer Reflexionsfähigkeit, also bei gleicher Beleuchtung dunkler als f). In beiden Fällen entzieht es sich überhaupt unserem Bewußtsein, daß eine Veränderung in der Außenwelt eingetreten ist. Die Versuche sind in ähnlicher Weise mit bunten Farbenflächen zu wiederholen. Uns interessiert an dieser Beobachtung, daß drei verschieden helle, verschieden stark beleuchtete Papiere bei Betrachtung mit der Netzhautperipherie als gleich hell angesprochen werden, während sie bei Betrachtung mit zentralen Teilen der Netzhaut wegen der Lichtperspektive als verschieden hell und verschieden stark beleuchtet erkannt werden. Sind a und b von größerer oder niedrigerer Lichtstärke als die graue Fläche f, so werden sie nach Helligkeit und Eindringlichkeit so beurteilt wie ein ihnen an Lichtstärke gleiches Stück der Fläche f. Aus

diesen Beobachtungen folgt, daß in solchen Fällen, wo die Lokalisation peripher wahrgenommener Farben nicht so erfolgt, daß sie unter anderen Beleuchtungsverhältnissen als zentral gesehene zu stehen scheinen, ihre Qualität nach Maßgabe der mit dem Netzhautzentrum wahrgenommenen Beleuchtungsverhältnisse bestimmt wird.

Vermag man aus der Versuchsanordnung zu erkennen, daß sich die peripher abgebildeten Objekte unter anderen Beleuchtungsverhältnissen befinden als die zentral abgebildeten, so bestimmen sich nach meinen Beobachtungen die farbigen Eindrücke der peripher gesehenen Objekte im wesentlichen nach den Beleuchtungsverhältnissen dieser peripher abgebildeten Objekte. Die zentral abgebildeten Objekte erscheinen dabei mit den farbigen Bestimmtheiten, die ihren Beleuchtungsverhältnissen entsprechen. Man überzeugt sich hiervon leicht auf folgende Weise (s. Fig. 18). In

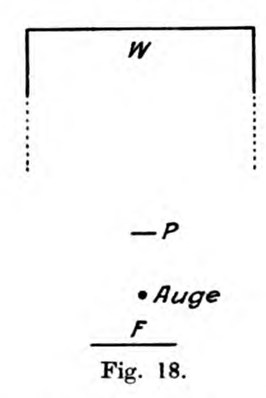


Fig. 18.

der Nähe eines Fensters (F) wird ein kleines Stück beliebig farbigen Papieres (P) aufgehängt und monokular auf seine Mitte oder den hinter derselben gelegenen (vorgestellten) Punkt der Zimmerwand (W) akkommodiert. Die Farben der hinteren Wand des Versuchszimmers und der in seiner Nähe befindlichen Objekte erfahren beidemale trotz ihrer peripheren Abbildung annähernd dieselbe Beurteilung, als wenn das heller beleuchtete vordere Papier sich nicht im Gesichtsfelde befände. Man darf das Papier P nicht zu groß nehmen, damit die von uns beschriebene Beobachtung deutlich sei.

V e r s u c h s a n o r d n u n g VI. Von zwei quadratischen Pappflächen (etwa 7 cm lang), welche rechtwinklig aneinander

geklebt sind, ist die eine mit weißem, die andere mit dunkelgrauem Papier überzogen. Die Aufstellung zum Fenster F (s. Fig. 19)

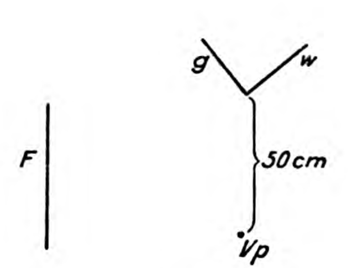


Fig. 19.

erfolgt so, daß die dunkelgraue Fläche (g) normal beleuchtet, die weiße (w) beschattet ist, letztere aber bei vollständiger Reduktion eher etwas dunkler erscheint[1]. Die Vp. sitzt in einem Abstand von etwa 50 cm vor den Pappflächen, die mit der Medianebene ihres Kopfes annähernd dieselben Winkel bilden; die Mitte der Linie, in der die Pappflächen zusammenstoßen, befindet sich in Augenhöhe. In dem Winkel, in dem die Flächen zusammenstoßen, ist ein blanker, gerader Eisendraht angebracht, der um das gleiche Stück über den oberen und unteren Rand der Pappflächen hinausreicht und sich von dem neutralen Hintergrund H gut abhebt. Fixiert der Beobachter monokular einen Punkt der Linie, in der die Pappflächen zusammenstoßen, so erscheint ihm die beschattete Pappfläche deutlich heller. Werden nun auf dem oberen und unteren Stücke des blanken Eisendrahtes Fixiermarken angebracht und diese fixiert, so kann man eine Änderung des Farbeneindrucks beobachten. Ist die Fixiermarke so weit nach oben oder unten verschoben, daß sich die beiden Farbenflächen auf sehr peripheren Teilen der Netzhaut abbilden (etwa 30° Exzentrizität), so bemerkt man nicht mehr den Unterschied in den Beleuchtungsverhält-

[1] Bei diesem Helligkeitsverhältnis sind die Beobachtungen, über die berichtet werden soll, deutlicher, als wenn w und g nach Reduktion gleich hell erscheinen.

nissen der beiden Papierflächen. Weiterhin erscheint die Fläche w, die bei Betrachtung mit der Netzhautmitte heller erschien, jetzt eher dunkler. Über die Art der Beleuchtung, welche die beiden Flächen g und w nun haben, läßt sich nichts Sicheres sagen. Daß die Flächen nicht mehr die frühere Orientierung zum Beobachter besitzen, ist sicher, dagegen kann man auch wieder nicht positiv behaupten, sie lägen etwa in derselben Ebene. Diese Beobachtungen werden in übereinstimmender Weise von den vier herangezogenen Beobachtern angegeben. Es ist selbst für mich, der ich in der Beobachtung peripherer Eindrücke eine recht große Übung besitze, sehr schwer, anzugeben, bei welcher Exzentrizität der Beobachtung der Eindruck verschwindet, es mit zwei Oberflächenfarben, die unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen stehen, zu tun zu haben. Ich mache darum über diesen Wert der Exzentrizität keine näheren Angaben. Als eine weitere sichere Beobachtung habe ich die folgende notiert. Bringt man zwei Fixiermarken auf dem blanken Eisendraht an, und zwar die eine um ein gutes Stück nach oben, die andere um das gleiche Stück nach unten hin, und vergleicht man dann die Farbeneindrücke, die man bei rasch folgender Fixierung der oberen und der unteren Marke erhält, wobei also die Abbildung der Farbenflächen einmal auf oberen exzentrischen, das andere Mal auf gleich exzentrischen unteren Teilen der Netzhaut erfolgt, so erklären alle Beobachter mit Bestimmtheit, daß bei nach unten wanderndem Blick der Eindruck der verschiedenen Beleuchtung der Farbenflächen früher verschwindet und die Farbenfläche w früher dunkler erscheint. Es folgt also hieraus, daß gleich exzentrische Stellen der oberen und unteren Netzhauthälfte sich hinsichtlich der Wahrnehmung von Oberflächenfarben, die sich unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen befinden, verschieden verhalten. Die oberen Netzhauthälften sind leistungsfähiger in der Auffassung von Beleuchtungsverhältnissen. Ähnliche Differenzen zwischen temporalen und nasalen Teilen der Netzhautperipherie konnte ich bei darauf gerichteten Beobachtungen nicht konstatieren. Gelegentlich habe ich solche Versuche angestellt, bei denen die Farbenfläche w normal beleuchtet ist, während die Farbenfläche g von direktem Sonnenlicht getroffen wird, sodaß beide Farbenflächen annähernd die gleiche Lichtstärke besitzen. Bei peripherer Betrachtung verschwindet wieder der Eindruck des Unterschiedes in der Beleuchtung beider Farben-

flächen, und sie erscheinen annähernd gleich hell. Ähnliche Beobachtungen kann man auch machen, wenn man die beiden Farbenflächen g und w verschieden stark künstlich beleuchtet.

Bei dem Versuch einer Erklärung der vorstehenden Versuchsergebnisse erhebt sich die Schwierigkeit, daß wir dabei auf raumpsychologische Faktoren stoßen, die selbst bis jetzt keine hinreichende Untersuchung gefunden haben. Hierzu rechne ich die Orientierungsweise von Flächen beim indirekten Sehen. Die Erklärung unserer Beobachtungen fließt zu einem Teil aus einer Berücksichtigung derjenigen Verschiedenheit, die zwischen der Erfassung räumlicher Verhältnisse mit zentralen und derjenigen mit peripheren Teilen der Netzhaut vorhanden ist. Läßt sich ein Objekt nicht mit Bestimmtheit in bezug auf den Beobachter und die vorhandenen Lichtquellen lokalisieren, so ist auch bei der Beurteilung der farbigen Qualitäten des Objektes keine volle Berücksichtigung seiner Beleuchtungsverhältnisse zu erwarten. Bei monokularer peripherer Betrachtung erleidet die Bestimmtheit der Lokalisation einer Fläche nach der Tiefe gegenüber der zentralen Betrachtung im allgemeinen eine große Einbuße. Noch größer wird unsere Unsicherheit, wenn wir ein Urteil über die Orientierung einer peripher wahrgenommenen Fläche zu uns oder zu den vorhandenen Lichtquellen (Fenster resp. künstliche Lichtquellen) abgeben sollen. Nur unter ganz bestimmten Bedingungen werden auch auf der Peripherie Eindrücke annähernd mit der gleichen Bestimmtheit wie zentral hinsichtlich ihrer Entfernung lokalisiert und zum Beobachter orientiert. Und diese Bedingungen waren in unserer Beobachtungsreihe mit Versuchsanordnung VI nicht erfüllt. Blicke ich monokular auf eine das ganze Gesichtsfeld ausfüllende gleichförmige Fläche, so geschieht die Lokalisation und Orientierung der peripheren Teile der Fläche zwar niemals mit der Bestimmtheit der zentralen Teile; indem ich aber das Ganze, was sich vor mir befindet, als eine zusammenhängende Fläche auffasse, treffe ich mit der Lokalisation und Orientierung der peripheren Teile doch annähernd das Richtige. Fallen die Motive fort, das Ganze als eine Fläche aufzufassen, so ist es mit der Sicherheit in der Lokalisation und Orientierung der peripheren Flächenteile schlecht bestellt. Kann ich aber nicht eine Farbenfläche richtig in bezug auf mich und die vorhandenen Lichtquellen orientieren, so fehlt auch die Basis für die normalerweise einsetzende Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse dieser

Farbenfläche. Eine zutreffende Lokalisation und Orientierung der beiden Farbenflächen w und g kann von den zentral sich abbildenden Gegenständen aus in unseren Versuchen nicht zustandekommen. Der zentral wahrgenommene Eisendraht, an dem die Fixiermarke befestigt ist, vermag keine richtige Lokalisation der beiden Farbenflächen zu veranlassen. Noch weniger kann der Hintergrund H, der neben dem Eisendraht zentral sichtbar ist, eine zutreffende Lokalisation der Farbenflächen w und g herbeiführen, da auf ihn nicht einmal akkommodiert wird. Eine Folge davon ist es, daß beide Flächen überhaupt nur weniger bestimmt lokalisiert und orientiert werden; die Verschiedenheit der Orientierung beider Flächen wird nicht erkannt. Der Umstand, daß diese Flächen weder eine bestimmte Lokalisation noch Orientierung erfahren, schließt es nun von vornherein aus, daß sich bei ihrer Betrachtung eine Berücksichtigung ihrer Beleuchtungsverhältnisse geltend macht, soweit im allgemeinen deren Berücksichtigung aus einer Wahrnehmung der Lokalisation und Orientierung von Farbenflächen zu fließen vermag.

Zum anderen, vielleicht wichtigeren Teil erklären sich unsere Versuchsergebnisse aus folgender Betrachtung. Die Netzhautperipherie vermag nicht mit Deutlichkeit eine Oberflächenstruktur wahrzunehmen, was wohl in erster Linie durch ihre niedrige Sehschärfe bedingt ist. Nach früheren Ausführungen (S. 91) bietet die Erkennung der Oberflächenstruktur die Grundlage für die Beurteilung des Materials, aus dem ein Gegenstand besteht, eine Tatsache, welche die Mittel an die Hand gibt, jene behauptete Inferiorität der Netzhautperipherie in überzeugender Weise zu demonstrieren. Kleine Stücke von verschiedenem Material (Holz, Kohle, Tuch, Papier, Metall usw.), deren Form und Farbe keinen Schluß auf die Art des Materials zuläßt, am besten alle von annähernd gleicher Form und Farbe, führe man von der Seite her, etwa 50 cm vom Auge entfernt, an einem Stäbchen in das Gesichtsfeld ein. Der Charakter des verwandten Materials, über den man bei fovealer Betrachtung keinen Augenblick im Zweifel ist, bleibt bei der peripheren Betrachtung völlig problematisch. Ja, es ist geradezu frappierend, auf welchen kleinen Bezirk des Sehfeldes die Fähigkeit, das Material eines Objektes allein an der Besonderheit der Oberflächenstruktur zu erkennen, beschränkt ist. Nach dieser Überlegung sollte bei peripherer Betrachtung der beiden Farbenflächen w und g der Unterschied

in der Deutlichkeit ihrer Oberflächenstruktur, der durch ihre verschiedenen Beleuchtungsverhältnisse bedingt ist, nicht wahrgenommen werden. Die Beobachtung bestätigt diese Vermutung.[1] In dem Grade, als die Wahrnehmung des Unterschiedes im Deutlichkeitsgrade der Oberflächenstruktur von g und w uns bei Betrachtung mit dem Netzhautzentrum zu einer Erkennung und Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse beider Flächen verhilft, muß diese Hilfe bei der nun von uns geübten peripheren Betrachtung ganz in Wegfall kommen.

Die zwischen den beiden Farbenflächen g und w bestehende Helligkeitsdifferenz sollte nach diesen Überlegungen bei stark exzentrischer Betrachtung der gleich sein, die sie bei Reduktion auf dieselbe Beleuchtungsstärke aufweisen. Daß eine Verschiebung der Helligkeitsdifferenz zwischen w und g nach jener Richtung eintritt, wenn man von zentraler zu peripherer Betrachtung übergeht, konnten wir oben feststellen. Ob die peripher wahrgenommene Helligkeitsdifferenz wirklich der Helligkeitsdifferenz der beiden Farbenflächen w und g bei ihrer Reduktion auf dieselbe Beleuchtungsstärke völlig gleich ist, läßt sich bei der Schwierigkeit, periphere Helligkeitsdifferenzen zu beurteilen, nicht sicher entscheiden. Wir fassen die vorstehenden Ausführungen wie folgt zusammen: In dem Maße, wie die Bestimmtheit der Lokalisation und Orientierung von Farbenflächen sowie die Wahrnehmung des Deutlichkeitsgrades ihrer Oberflächenstruktur bei peripherer gegenüber zentraler Wahrnehmung zurücktreten, geht auch die Berücksichtigung ihrer Beleuchtungsverhältnisse zurück und bestimmen sich die eintretenden Farbenempfindungen nach den diesen Farbenflächen zukommenden retinalen Erregungen.

Auf einer Oberflächenfarbe liegende Lichter und Schatten gehen durch sehr feine Abstufungen in die normal beleuchtete Oberflächenfarbe über. Wie wir oben (S. 171 f.) im Anschluß an einen von Hering zitierten Versuch gezeigt haben, ist, wenn es sich um sehr kleine beschattete Partien von Oberflächen handelt, die Wahrnehmung dieser zarten Farbenübergänge nicht unwesent-

[1] Wegen der Erscheinungsweise der Farben von w und g vgl. den folgenden Paragraphen.

lich für das Zustandekommen des Eindrucks eines aufliegenden Schattens; sie ist, wie wir hinzufügen können, auch nicht unwesentlich für das Zustandekommen des Eindrucks eines aufliegenden Lichtes. Die Netzhaut scheint nur innerhalb eines sehr kleinen (des fovealen ?) Bezirks imstande zu sein, diese feinen Übergänge wahrzunehmen.[1] Damit entfällt, wovon ich mich durch Beobachtungen überzeugt habe, die Möglichkeit, mit solchen Teilen der Netzhaut, die von der Stelle des deutlichsten Sehens nur ein wenig peripher liegen, aufliegende Lichter und Schatten, die kleine Bezirke des Sehfeldes treffen, als solche wahrzunehmen. Schon bei einer schwachen Exzentrizität der Betrachtung tritt in diesen Fällen eine stufenweise Reduktion der Farbeneindrücke ein.

§ 28. Über die Erscheinungsweisen der Farben auf der Peripherie der Netzhaut.

Wir sind durch unsere bisherigen Analysen so daran gewöhnt, nach der besonderen Erscheinungsweise der von uns untersuchten Farbeneindrücke zu fragen, daß wir auch hier die Frage nicht unterdrücken können, wie es im allgemeinen mit der Erscheinungsweise der peripher wahrgenommenen Farben stehe. Darauf ist Folgendes zu antworten. So lange man zentral mit dem Charakter der Oberflächenfarbe eine Farbenfläche wahrnimmt, die sich gleichzeitig auf peripheren Teilen der Netzhaut abbildet, kann man auch ihren peripher sich abbildenden Teilen den Charakter der Oberflächenfarbe nicht absprechen, obwohl sich für diese peripheren Teile ein Übergang zur Flächenfarbe bereits bemerkbar macht. Eine Farbe kann sogar dann auf Motivation vom Zentrum aus bei peripherer Betrachtung als Oberflächenfarbe aufgefaßt werden, wenn sie bei zentraler Betrachtung als Flächenfarbe aufgefaßt werden würde. Es wird ein Punkt einer größeren Papierfläche (P) fixiert. Ein nicht sehr peripher sich abbildendes Stück derselben wird entfernt und hinter die entstandene Öffnung (O) ein Papier von retinal gleicher Wirkung gebracht. Die Anordnung mag so

---

[1] Vermutlich hängt diese Erscheinung auch mit dem gesteigerten Kontrast der Netzhautperipherie zusammen. Je stärker der Kontrast zwischen verschieden hellen Flächen ist, um so mehr werden die zwischen ihnen vermittelnden Helligkeitsstufen zurückgedrängt. Vgl. hierzu unsere Ausführungen über den Kontrast auf der Netzhautperipherie im Abschnitt VI.

getroffen sein, daß, wenn man durch die Öffnung (O) das dahinter liegende Papier direkt betrachtet, seine Farbe mit dem Charakter einer Flächenfarbe erscheint. Diese Erscheinungsweise hat die Farbe des Papieres bei peripherer Betrachtung nicht mehr. Sie steht ohne Zweifel den Oberflächenfarben näher. Nicht, daß man positiv behaupten könnte, jenes Stück habe deutlich die Erscheinungsweise einer Oberflächenfarbe; man kann eher sagen, daß die ganze betrachtete Papierfläche (P) im wesentlichen die Erscheinungsweise der Oberflächenfarbe hat, ohne daß sich Teile von ihr irgendwie ihrer Erscheinungsweise nach abhöben. Erfolgt die Abbildung eines bei direkter Betrachtung mit einer Oberflächenfarbe wahrgenommenen Objektes auf peripheren Teilen der Netzhaut, ohne daß sich vom Zentrum aus Motive geltend machen, seine Farbe als Oberflächenfarbe aufzufassen, so steht jener periphere Farbeneindruck den Flächenfarben sehr nahe oder hat geradezu den Charakter der Flächenfarbe. Man blicke auf die Himmelsfläche und lasse in einiger Entfernung von dem Auge, von der Peripherie her, ein Objekt (etwa eine Papierfläche) an einem dünnen Stäbchen in das Gesichtsfeld einführen. Das Objekt löst bei seinem Eintritt in das Gesichtsfeld den Eindruck einer Flächenfarbe aus, ein Eindruck, der bestehen bleibt, bis das Objekt nahezu zentral gesehen wird.

Durch die Versuche dieses Paragraphen ist die bemerkenswerte Tatsache erwiesen, daß dem Netzhautzentrum neben seiner allgemein anerkannten bevorzugten Stellung bei der Erfassung von räumlichen Verhältnissen noch andere bis jetzt kaum beachtete Funktionen bei der Wahrnehmung farbiger Verhältnisse zuzusprechen sind. So scheint das Netzhautzentrum nach unseren letzten Ausführungen in erster Linie dazu berufen, uns die Wahrnehmung von ausgeprägten Oberflächenfarben zu ermöglichen. Da nach unseren Ausführungen auf S. 264 ff. nur bei Oberflächenfarben von Beschattung und Belichtung die Rede sein kann, so sollten wir auch nur mit der Netzhautmitte in deutlicher Weise Beschattung und Belichtung wahrnehmen können. Die Beobachtungen des vorigen Paragraphen bestätigen dies in schöner Weise.

Wir haben uns oben (S. 214 ff.) mit dem Heringschen Begriff der Gedächtnisfarbe auseinandergesetzt und erinnern zur Vor-

bereitung der folgenden Betrachtungen noch einmal daran, daß dann, wenn ein Gegenstand wahrgenommen wird, für den sich eine Gedächtnisfarbe entwickelt hat, seine eigentliche Farbe unter nichtnormalen Beleuchtungsverhältnissen den eintretenden Farbeneindruck stärker bestimmen kann, als die eigentliche Farbe eines Gegenstandes, für den sich keine Gedächtnisfarbe entwickelt hat, unter den gleichen Beleuchtungsverhältnissen den eintretenden Farbeneindruck zu bestimmen vermag. Wir pflegen Gegenstände, die wir uns genauer besehen wollen, mit dem Netzhautzentrum zu erfassen resp. zu umlaufen. Veranlaßt ist dieses Verhalten durch die Überlegenheit des Netzhautzentrums hinsichtlich der Sehschärfe. Die gedächtnismäßige Einprägung von Formen gesehener Objekte wird also normalerweise nur von relativ zentralen Teilen der Netzhaut aus stattfinden. Es erscheint nach allgemeinen Übungsgesetzen zum mindesten plausibel, daß das Netzhautzentrum resp. der ihm zugehörige nervöse Apparat zu seiner angeborenen (histologisch bedingten) Überlegenheit eine funktionelle oder apperzeptive in der Auffassung von Gegenstandsformen erwerben wird. So wie die Einprägung von Formen gesehener Objekte von relativ zentralen Teilen der Netzhaut aus stattfindet, wird auch deren Wiedererkennen in erster Linie von solchen Stellen aus infolge ihrer histologischen und apperzeptiven Überlegenheit erfolgen. Werden aber die Gegenstände allgemein am leichtesten mit dem Netzhautzentrum wiedererkannt, so gilt dies auch für die Gegenstände, denen wir eine Gedächtnisfarbe zuschreiben. Es ist demnach anzunehmen, daß auch die Gedächtnisfarbe eines Gegenstandes im allgemeinen am leichtesten vom Netzhautzentrum aus geweckt werden wird und so die eintretenden Farbeneindrücke mitbestimmt.

Die experimentelle Isolierung der beiden Faktorengruppen, welche nach unserer Anschauung die Überlegenheit der Netzhautmitte beim Wiedererkennen farbiger Verhältnisse bedingen, der Faktorengruppe, welche in der histologischen Überlegenheit der Netzhautmitte wurzelt (bessere Erfassung der Oberflächenstruktur, präzisere Lokalisation und Orientierung der durch die Netzhautmitte erfaßten Eindrücke) und der Faktorengruppe, welche durch die apperzeptive Überlegenheit der Netzhautmitte resp. der ihr zugehörigen nervösen Zentren bedingt ist (durch die Übung bedingte leichtere Erkennung der mit der Netzhautmitte erfaßten Formen mit der daraus folgenden leichteren Reproduktion der Gedächtnisfarben) ist nur schwer durchzuführen, solange es an gewissen notwendigen

Vorarbeiten, wie z. B. an durchgreifenden Untersuchungen über das Wiedererkennen von Gegenständen im indirekten Sehen fehlt. Aber selbst, wenn es überhaupt nicht gelingen sollte, die beiden Faktorengruppen nach ihrem Wirkungsgrad experimentell voneinander zu isolieren, müßte man sie doch theoretisch auseinanderhalten, sowie man auch die nur teilweise voneinander lösbaren Faktoren der Akkommodation und Konvergenz in ihrer Bedeutung für die Erfassung räumlicher Verhältnisse getrennt voneinander behandelt. Dieser Sachverhalt könnte unter Umständen für bestimmte Fälle der Psychopathologie von Bedeutung werden. Es ist damit zu rechnen, daß in den Amnesien, die sich auf die Bekanntheit von Gegenständen erstrecken, der Einfluß der Gedächtnisfarbe bekannter Objekte auf das Farbensehen zurückgeht, während die Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse, soweit sie aus der histologisch bedingten Überlegenheit der Netzhautmitte fließt, noch eine normale ist. Es wäre von einigem Interesse, zu erfahren, von welcher Art die Änderung ist, die das farbige Sehen bei Fortfall der (zunächst vorhandenen [1]) Gedächtnisfarben erfährt. In einem Fall von Rindenblindheit, wie ihn E. Wehrli beschrieben hat, scheint ein Ausfall der Gedächtnisfarben vorhanden gewesen zu sein. „Sein Gedächtnis für die Form und das Aussehen der bekannten Gegenstände war hochgradig geschädigt. Überdies bestand vollständige amnestische Farbenblindheit; in seiner Vorstellung erscheinen ihm alle Objekte (Gras, Blut usw.) schwarz“.[2] (Soll wohl heißen tonfrei?)

Nach den obigen Ausführungen wird zwar die Gedächtnisfarbe eines Gegenstandes am ehesten vom Netzhautzentrum aus reproduziert werden können. Das schließt aber nicht aus, daß in solchen Fällen. wo sich auf peripheren Stellen der Netzhaut ein Objekt von so charakteristischer Form abbildet, daß seine Erkennung eintritt, seine Gedächtnisfarbe reproduziert wird und das Farbensehen mitbestimmt.

Der verschiedene histologische Bau von Zentrum und Peripherie der Netzhaut ist die Ursache für die funktionelle Differenzierung der zu beiden zugehörigen nervösen Zentren nach ihrer Leistung beim Wiedererkennen von Farben. (Unserer Annahme, daß die Netzhautmitte auch auf nervösem Wege eine bevorzugte Stellung für das Farbensehen im Laufe der Erfahrung gewinnt, widerspricht nicht die im Abschnitt VI zu erwähnende Tatsache, daß man nach Befunden an Neugeborenen und operierten Blindgeborenen annehmen muß, daß Individuen beider Kategorien die Verwertung ihrer peripheren Eindrücke später als die der

---

[1] Wir haben hier also nicht diejenigen Abweichungen des Farbensehens vom normalen Farbensehen im Auge, die wir für den Farbenblinden anzunehmen haben. Für ihn können sich gewisse (bunte) Gedächtnisfarben überhaupt nicht ausbilden (vgl. Hering VI, S. 7).

[2] Über die anatom.-histol. Grundlagen der sog. Rindenblindheit ... Arch. f. Ophthalm. Bd. 62, 1906, S. 288.

zentralen erlernen.) Nur durch eine im Laufe der Erfahrung eintretende Differenzierung nervöser Zentren, die verschiedenen Teilen der Netzhaut zugeordnet sind, wird auch die Differenzierung zwischen den oberen und unteren Teilen der Netzhaut verständlich, die wir als sicher vorhanden oben (S. 286) konstatierten, und die allein aus der unbedeutenden Überlegenheit der oberen Netzhautpartien hinsichtlich ihrer Sehschärfe wohl nicht verständlich gemacht werden kann. Die Verhältnisse des Lebens, welche die meisten Vorgänge sich eher „unter“ als „vor“ unseren Augen, dagegen selten „über“ unseren Augen abspielen lassen, bieten den stärker in Anspruch genommenen oberen Netzhautpartien bei weitem mehr Gelegenheit, in den zugehörigen nervösen Teilen diejenigen Erfahrungen zu deponieren, die für das Wiedererkennen farbiger Qualitäten eine Bedeutung gewinnen.[1]

Nach den vorstehenden Ausführungen ist die Tatsache sichergestellt, daß die Netzhautperipherie uns nicht mit hinreichender Deutlichkeit den Eindruck von Oberflächenfarben zu erwecken vermag. In Verbindung mit den eingangs der Arbeit (Abschnitt I) gegebenen Analysen über die Bedingungen, die für die Wahrnehmung der Farbeneindrücke gegeben sein müssen, welche eine andere Erscheinungsweise haben als die Flächen- und Oberflächenfarben, gestattet es diese Tatsache fast, den Eindruck vorauszusagen, den diese Farbeneindrücke bei ihrem Transport auf die Netzhautperipherie auslösen werden.

Versuch mit durchsichtigen Flächenfarben. Aus einem mit Tuchschwarz überzogenen Karton schneide ich ein

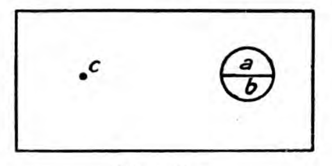


Fig. 20.

halbkreisförmiges Stück a (s. Fig. 20) von etwa 8 cm Durchmesser heraus. Auf die das Stück a zum Vollkreis V ergänzende Fläche b

[1] Diese Annahme findet sich in ähnlicher Weise zur Erklärung räumlicher Wahrnehmungen auch bei HERING (HERING III, S. 572). „Daß wir überhaupt die auf den oberen Teilen der Netzhaut liegenden Bilder mit Vorliebe näher, die auf den unteren befindlichen ferner lokalisieren, ist wohl ebenfalls nur die Folge der lokalisierten Gewöhnung.“

klebe ich — auf die dem Beobachter zugekehrte Seite des Kartons — ein orangefarbiges Papier auf. Auf die von dem Beobachter abgewandte Seite des Kartons klebe ich über a eine solche Kombination farbiger Gelatineplatten, daß das Halbfeld a bei passender Beleuchtung eines hinter ihm in passender Entfernung stehenden weißen Papieres für einen von vorn auf die Fläche blickenden Beobachter an Farbenton, Sättigung und Helligkeit dem unteren Halbfeld b möglichst gleich ist. Betrachtet man die so hergestellten Farbenflächen a und b monokular oder binokular (letzteren Falles sind die zu beschreibenden Erscheinungen deutlicher) aus einer Entfernung von 15—20 cm, indem man einmal über Punkte der Fläche a, dann über solche der Fläche b mit dem Blick gleitet, so hat man deutlich den Eindruck, daß es sich bei der oberen Fläche um eine d u r c h s i c h t i g e F l ä c h e n f a r b e, bei der unteren um eine O b e r f l ä c h e n f a r b e handelt.[1] Die hinter der durchsichtigen Flächenfarbe wahrgenommene Oberflächenfarbe erscheint in buntfarbiger Beleuchtung. Fixiert man bei diesem Versuch mittlere Teile der farbigen Felder a und b, so fallen bereits ihre äußeren Teile auf periphere Partien der Netzhaut. Der Eindruck der Durchsichtigkeit von a wird aber nicht nur für die Teile gewonnen, deren Bild auf die Netzhautmitte fällt, sondern für die gesamte Ausdehnung der Fläche a. Hieraus ergibt sich also, was nach dem früher (S. 290 f.) bei den Beobachtungen mit Oberflächenfarben Gesagten nicht weiter merkwürdig erscheint, daß die Netzhautperipherie dann bei sie treffender Reizung einen Farbeneindruck derselben Erscheinungsweise wie das Netzhautzentrum liefert, wenn bestimmte Motive vorhanden sind, welche die Angleichung in der Erscheinungsweise der zentral und peripher wahrgenommenen Farben berechtigt erscheinen lassen. Jetzt bringen wir die Wirksamkeit dieser Motive dadurch zum Wegfall, daß wir einen etwa 12 cm vom Mittelpunkt der farbigen Kreisfläche V gelegenen Punkt c des Kartons aus einer Entfernung von etwa 30 cm monokular fixieren, sodaß sich die beiden Halbfelder a und b peripher abbilden. (Die Sättigungseinbuße, welche die

[1] Die soeben beschriebene Versuchsanordnung läßt sich gut dazu verwenden, um zu untersuchen, welche Beeinflussung das Urteil über die Helligkeit dadurch erfährt, daß man sich darauf einstellt, auf die Menge des eine Fläche durchstrahlenden oder des eine Oberfläche ausstrahlenden Lichtes zu achten, Fragen, welchen LANGFELD in der auf S. 30 zitierten Arbeit nachgegangen ist.

Farben durch die periphere Betrachtung erleiden, ist hier nicht zu berücksichtigen. Die beschriebenen und noch zu beschreibenden Erscheinungen sind von der verwendeten Farbenqualität unabhängig. Stellt man die Versuche bei künstlicher Beleuchtung an, so empfiehlt sich die Verwendung rötlichgelber Farben. Ich habe die Beobachtungen bei Tagesbeleuchtung sowie bei künstlicher Beleuchtung mit dem gleichen Erfolge durchgeführt.) Die Erscheinungsweise der Farbe des Farbenfeldes a ist von der der Farbe des Farbenfeldes b nicht mehr verschieden; die beiden halbkreisförmigen Farbenfelder machen sich überhaupt nicht mehr als getrennte Farbenfelder bemerkbar. Welche Erscheinungsweise dem gleichförmigen runden Farbenfeld eigentlich zukommt, läßt sich schon weniger leicht sagen. Den Eindruck der Durchsichtigkeit macht es jedenfalls nicht. Der direkt betrachtete Teil des mit Tuchschwarz bedeckten Kartons sowie die indirekt gesehenen Teile desselben haben den Charakter der Oberflächenfarbe. Wenn sich dagegen die Farbe der bunten Kreisfläche mehr als Flächenfarbe gibt, so liegt dies wohl daran, daß die große Helligkeitsdifferenz des Tuchschwarz und der bunten Farbe ihrer Auffassung als Farben gleicher Erscheinungsweise (in diesem Falle als Oberflächenfarben) ungünstig ist. Aus unserem Versuche folgt, daß von peripheren Teilen der Netzhaut aus der Eindruck der durchsichtigen Farbe nicht ausgelöst werden kann, wenn nicht das Zentrum einen solchen Eindruck auslöst und wenn nicht von dort aus durch die besonderen Umstände die Auffassung des auf der Peripherie sich Abbildenden als durchsichtige Flächenfarbe motiviert wird. Bemerkenswert ist, daß die Durchsichtigkeit von Farben auf Netzhautteilen solcher Exzentrizität aufhört, wo Oberflächenfarben auch ohne Motivierung vom Zentrum aus noch wahrgenommen werden, wovon ich mich durch Beobachtungen überzeugt habe.

Beobachtungen mit raumhaften Farben, mit Glänzen und Leuchten. Nach der eingehenden Darstellung des eben besprochenen Versuchs können wir uns hinsichtlich der Beobachtungen, die auf die Erscheinungsweisen der noch nicht besprochenen Farbeneindrücke auf der Peripherie ausgedehnt wurden, kurz fassen. Deutliche Raumhaftigkeit von Farbeneindrücken ist auf der Peripherie nicht zu beobachten; das Raumhafte macht dem Flächenhaften Platz, sofern nicht wieder vom Zentrum Motive ausgehen, welche doch die raum-

hafte Auffassung zustande kommen lassen. Der Glanz verschwindet bei stark peripherer Betrachtung vollständig. Objekte, die bei zentraler Betrachtung stark zu glänzen scheinen (wie z. B. metallische Gegenstände), erscheinen bei peripherer Betrachtung leuchtend und zwar in höherem Grade bei im übrigen niedriger Beleuchtungsstärke des ganzen Gesichtsfeldes. Gegenstände aus poliertem Kupfer zeigen unter den angegebenen Umständen ein Leuchten von überraschender Schönheit. Glanz, der durch periphere Betrachtung eines glänzenden Körpers zum Verschwinden gebracht wurde, kann wieder in die Erscheinung treten, wenn der peripher abgebildete Körper in Bewegung versetzt wird. Er erhält dabei aber nie die Deutlichkeit, die er bei zentraler Betrachtung besitzt. Ist somit erwiesen, daß spezifische Glanzerscheinungen durch ruhende Körper nur von dem Netzhautzentrum aus ausgelöst werden können, so erscheint eine Theorie, die den Glanz auf die Parallachse des indirekten Sehens zurückführen will („das Wesentliche des Metallglanzes muß auf der Parallachse des indirekten Sehens beruhen", Kirschmann, S. 170) nicht haltbar.

Der Eindruck des Leuchtens bleibt auf der Peripherie gewahrt. Doch besitzt dieses Leuchten nie deutlich raumhaften Charakter. Ein stark glänzender Körper macht auf der Peripherie den Eindruck der leuchtenden Flächenfarbe. Der Eindruck des Leuchtens ist auf der Peripherie nur vorhanden, wenn dort intensive Lichter einwirken. So wie die durchsichtigen Farben bei dem Transport auf die Netzhautperipherie früher ihre Durchsichtigkeit einbüßen, als Oberflächenfarben ihren Charakter verlieren, so verschwindet auch der Eindruck der Raumhaftigkeit und des Glanzes früher als der der Oberflächenfarben. Die Differenzierung, die sich in dieser Beziehung zwischen verschieden exzentrischen Teilen der Netzhaut geltend macht, scheint für die Theorie der Genese, welche die verschiedenen Erscheinungsweisen der Farben nehmen, von einiger Bedeutung.

Fassen wir das Resultat unserer Beobachtungen über die Erscheinungsweisen der Farben auf der Netzhautperipherie zusammen. Je nach den von dem Netzhautzentrum ausgehenden Motiven der Auffassung werden Farbeneindrücke, die sich über zentrale und periphere Teile der Netzhaut erstrecken, als von dieser oder jener Erscheinungsweise aufgefaßt. Entfallen

solche Motive, so vermögen von stärker peripheren Teilen der Netzhaut nur Farben von der Erscheinungsweise der Flächenfarben ausgelöst zu werden. Zwischen peripheren Teilen verschiedener Exzentrizität bestehen wieder Unterschiede insofern, als innerhalb eines bestimmten Gebietes die vom Zentrum aus nicht motivierte Wahrnehmung von Oberflächenfarben noch möglich ist, während eine Erkennung ihrer Beschattung oder Belichtung oder die Wahrnehmung anderer Erscheinungsweisen von Farben, wie Raumhaftigkeit, Durchsichtigkeit und Glanz nicht mehr möglich ist.

In der Tatsache, daß das mit der Peripherie der Netzhaut Erfaßte sich je nach der Beeinflussung von ihrer Mitte aus ganz verschieden darstellen kann (Angleichung sowohl hinsichtlich der Farbmaterie als der Erscheinungsweise dieser Farbmaterie) verrät sich jedenfalls eine erstaunliche Beeinflußbarkeit (Plastizität) der für das periphere Sehen in Betracht kommenden nervösen Vorgänge.

Die Bedeutung der durch die Netzhautperipherie vermittelten Farbeneindrücke für die Wahrnehmung der im Gesichtsfeld herrschenden Beleuchtung. Ist nun nach unseren Ausführungen zu erwarten, daß ein Auge, das des peripheren Sehens gänzlich beraubt wird, in seiner Leistungsfähigkeit beim Farbensehen keine Beeinträchtigung erfahre, weil ja die Netzhautmitte Farbeneindrücke beliebiger Erscheinungsweise sowie die Oberflächenfarben samt ihren wechselnden Beleuchtungsverhältnissen weiter abnehmen könne? Dieser Schluß wäre nicht statthaft; denn wir haben nur nachgewiesen, daß die Netzhautperipherie für sich die angegebenen Leistungen nicht vollbringen kann, es bleibt aber die Frage offen, ob das Netzhautzentrum ohne Mitwirkung der Peripherie die angeführten Fähigkeiten bewahrt. Wir können das periphere Sehen künstlich in ähnlicher Weise ausschließen, wie es Purkinje in seinen Beobachtungen mit den Sehröhrchen getan hat.[1] Man halte das Ende einer kurzen Röhre an das Auge, die an dem anderen Ende mit einem Karton verschlossen ist, der durch eine mittlere Durchbohrung nur ein Gesichtsfeld von wenigen Graden liefert. Der in dem Gesichtsfeld erscheinende Ausschnitt

[1] Vgl. S. 28 seiner auf S. 48 zitierten Arbeit.

der Außenwelt soll nicht zu groß sein [1] (in den anzuführenden Beobachtungen wurden die zu beurteilenden Papiere in kleiner Entfernung von dem durchlochten Karton dargeboten). Am zweckmäßigsten bedient man sich bei den Beobachtungen, so wie ich es getan habe, eines Glas- oder Milchglaszylinders; indem man diese mit verschiedenen Lagen Seidenpapier umwickelt, hat man es in der Hand, der Netzhaut in ihrer ganzen Ausdehnung annähernd dieselbe Lichtmenge zuzuführen wie bei Entfernung der Röhre. Auf diese Weise wird erreicht, daß die in dem Loch des Kartons erscheinenden Farben keinem wesentlich verändernden Kontrast unterliegen. Bis auf das kleine zentrale Feld ist das Gesichtsfeld von einer je nach der für den Zylinder gewählten Lichtdurchlässigkeit verschieden hellen Farbe erfüllt, die als Flächenfarbe erscheint. Mit der durch Ausschluß der Netzhautperipherie eingetretenen Behinderung der räumlichen Orientierung in dem Versuchsraum macht sich auch eine Änderung in dem farbigen Eindruck des zentralen Gesichtsfeldes geltend. Damit man in diesem kleinen Gesichtsfeld Oberflächenfarben sieht, müssen die gleichen Bedingungen erfüllt sein wie dann, wenn das periphere Sehen nicht ausgeschaltet ist. Es müssen sich also Oberflächen von Objekten in dem kleinen Gesichtsfeld befinden, auf welche das Auge zu akkommodieren vermag. Bei Ausfüllung des kleinen Gesichtsfeldes mit individuell nicht bekannten Objekten erkennt man aber nicht mehr mit der gleichen Sicherheit wie bei völlig unbehindertem Sehen, unter welchen Beleuchtungsverhältnissen die wahrgenommenen Objekte stehen. Relativ am günstigsten liegen die Verhältnisse bei n o r m a l beleuchteten Objekten, gleichgültig, welche farbigen Qualitäten diese besitzen. Deren Eindruck ändert sich nicht wesentlich gegenüber der Wahrnehmung bei uneingeschränktem Gesichtsfeld. Wohl aber ändert sich der farbige Eindruck solcher Objekte, die intensiv oder gar qualitativ nicht normal beleuchtet sind, indem sich nur mit Unsicherheit Angaben über die Natur ihrer Beleuchtung machen lassen. Man muß Beobachtungen dieser Art selbst angestellt haben, um zu empfinden, wie sehr die normale Wahrnehmung der Beleuchtung dadurch behindert ist, daß der Überblick über die Verteilung von Licht und Schatten,

---

[1] Dies geschieht mit Rücksicht auf die im § 30 aufgestellten beiden Feldgrößensätze. Die hier mitgeteilten Versuche stehen in einem inneren Zusammenhang mit den im § 30 angeführten.

über die Art der Orientierung der Lichtquellen sowie über die Richtung, in der das Licht durch den Raum fällt, aufgehoben ist.[1] Die Beleuchtung macht einen fremdartigen Eindruck in bezug auf die Objekte, die man noch wahrnimmt. Es ist selbst bei starker Änderung der Beleuchtung nicht möglich, ein sicheres Urteil darüber abzugeben, ob sich die Beleuchtung der Objekte geändert hat, ob sie eine starke oder eine schwache, ob sie diese oder jene buntfarbige Beleuchtung besitzen. Für diese Unsicherheit würde man mit Unrecht den von der Umgebung der Kartonöffnung ausgehenden Kontrast verantwortlich machen. Man bleibt nämlich mit der Beurteilung der Beleuchtung in der gleichen Verlegenheit, ob man nun den Kontrast durch passende Wahl der Zylinderhelligkeit in dem einen oder dem anderen Sinne, aufhellend oder verdunkelnd, auf das zentrale Gesichtsfeld wirken läßt. Während man bei der Betrachtung von Gegenständen mit unbehindertem Gesichtsfeld imstande ist, jeden Augenblick ein recht präzises Urteil über die gerade im Gesichtsfeld herrschende Beleuchtung zu fällen, ist eine Einschätzung der Beleuchtungsstärke und Beleuchtungsqualität in dem kleinen Gesichtsfelde in dem angegebenen Maße erschwert.

Durch unsere Versuche hat sich also herausgestellt, daß die Peripherie in ihrer Totalität in hohem Grade dazu beiträgt, uns die im Gesichtsfeld herrschende Beleuchtungsstärke und Beleuchtungsqualität zum Bewußtsein zu bringen. Bei Ausschluß des peripheren Sehens werden wir hinsichtlich der im zentralen Gesichtsfeld herrschenden Beleuchtungsstärke und Beleuchtungsqualität in große Unsicherheit gebracht. Was hat sich aus unseren Beobachtungen Neues hinsichtlich der Stellung des Netzhautzentrums ergeben? 1. Das Netzhautzentrum ist bei der Vermittlung des Eindrucks der Oberflächenfarben unabhängig von der Netzhautperipherie. 2. Die korrekte Auffassung der Beleuchtung, die in dem Gesichtsfeld herrscht, ist dem Netzhautzentrum ohne Beihilfe der Peripherie nicht möglich; das Netzhautzentrum hat aber bei der Beleuchtungsauffassung die wichtigere Funktion, weil die Wahrnehmung von Oberflächenfarben,

[1] Es ist hier vorausgesetzt, daß der Blick ruht. Wandert der Blick, so kann durch eine Synthese der nacheinander wahrgenommenen Teile des Gesichtsfeldes die Behinderung des Überblicks über die Beleuchtungsverhältnisse bis zu einem gewissen Grade behoben werden.

an deren Konstituierung es in hervorragendem Maße beteiligt ist (vgl. S. 291), die Grundlage dafür bildet, daß überhaupt eine Beleuchtung wahrgenommen wird.

Es war für mich überraschend, mit welcher Sicherheit auch bei kleinstem zentralem Gesichtsfeld normal beleuchtete Objekte ihrer farbigen Qualität nach wahrgenommen wurden, wenn ihre Oberflächenstruktur in Schärfe wahrgenommen werden konnte. Wir müssen hier ein vorzüglich treffendes absolutes Gedächtnis für alle farbigen Qualitäten einnehmen, dessen Infunktiontreten an die Wahrnehmung einer deutlichen Oberflächenstruktur gebunden ist.[1] Wird durch Vorsetzen eines Glases, das von der Akkommodation nicht mehr überwunden wird, deren Wahrnehmung unmöglich gemacht, so vermögen die Oberflächenfarben im kleinen zentralen Gesichtsfeld nicht mehr mit Sicherheit nach ihren farbigen Momenten erkannt zu werden.

Über eine mögliche Anwendung der vorstehenden Beobachtungen auf Fälle von Sehstörungen. Dem Försterschen Rindenblinden war ein Gesichtsfeld von 3° horizontalen, 2° vertikalen Durchmessers geblieben.[2] Das periphere Sehen war also für ihn völlig ausgefallen. Nach unseren vorstehenden Ausführungen müssen wir es für ausgeschlossen halten, daß der betreffende Kranke bei ruhendem Blick[3] noch in irgend befriedigendem Maße die Beleuchtungsverhältnisse seiner Umgebung wahrnehmen konnte. Das Wiedererkennen von Farben unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen muß also für ihn sehr erschwert gewesen sein, speziell dann, wenn nicht ein größeres Stück der Außenwelt in dem ihm verbliebenen Gesichtsfeld Platz nahm.[4] Wir sehen hier davon ab, daß der Patient bunte Farben überhaupt nicht mehr wahrnahm. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Störung der Orientierung in sonst bekannten Räumen mitbedingt wurde durch den Fortfall des Überblicks über die Beleuchtungsverhältnisse in diesen Räumen. Es ist jedenfalls damit zu rechnen, daß sich Störungen des Über-

---

[1] Von der Wirkung der Gedächtnisfarben kann hier natürlich ganz abgesehen werden. Vgl. hierzu auch unsere Ausführungen über das absolute Farbengedächtnis im § 37.

[2] A. Förster. Über Rindenblindheit. Archiv f. Ophthalm. Bd. 36, 1890.

[3] Vgl. hierzu die Anm. auf S. 300.

[4] Diese Einschränkung erweist sich als notwendig im Hinblick auf den im § 30 aufgestellten Feldgrößensatz II. Ordnung.

blicks über die Beleuchtungsverhältnisse und der damit zusammenhängenden Erscheinungen des Wiedererkennens von Farben unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen bei Fortfall des peripheren Gesichtsfeldes (durch pathologische Einengungen des Gesichtsfeldes funktioneller oder organischer Natur) werden nachweisen lassen. Ich möchte hiermit die Aufmerksamkeit auf Gesetzmäßigkeiten des Farbensehens gelenkt haben, die die Pathologie des Sehens bisher noch weniger als die Psychologie des normalen Sehens beachtet hat. Unter diesen Umständen wäre es ein wenig aussichtsvolles Beginnen von unseren Versuchen ausgehend bestimmtere Vorstellungen über Lokalisationsverhältnisse im Gehirn, speziell Vorstellungen von den Beziehungen zwischen den der Macula und den der Peripherie des Gesichtsfeldes entsprechenden Stellen der Hirnrinde zu entwickeln. Es kann sich dabei nur um eine Andeutung naheliegender Vermutungen handeln. In Anbetracht der gar nicht zu bestreitenden Tatsache, daß die Netzhautperipherie allein beim Wiedererkennen von Oberflächenfarben unter veränderten Beleuchtungsbedingungen fast versagt, daß andererseits das Netzhautzentrum seine volle Leistungsfähigkeit in dieser Beziehung erst durch ein Zusammenwirken mit der Netzhautperipherie erreicht, ist die Vorstellung nicht gut von der Hand zu weisen, daß unter normalen Umständen bei jenen Erlebnissen, die wir als Erfassung und Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse kennzeichnen, stets die Sphäre, die als Projektionsgebiet sämtlicher Netzhautelemente in Betracht kommt, als Ganzes in Funktion zu denken ist. Im Hinblick auf diese Überlegungen kann ich gewissen der v. Monakowschen Anschauungen, die er auf Grund eines ganz anderen Tatsachenmaterials über die Bedeutung der Stelle des deutlichsten Sehens gewonnen hat, nur zustimmen.[1] In der Tatsache, daß die Eindrücke von Glanz, Raumhaftigkeit und Durchsichtigkeit der Farben in deutlicher Weise nur vom Zentrum der Netzhaut aus erregt werden können, sowie daß nur dort eine weitgehende Berücksichtigung besonderer Beleuchtungsverhältnisse wie Beschattung und Belichtung stattfindet, erwächst der v. Monakowschen Ansicht über die Rolle der Macula eine Stütze. „Die Rolle der Macula besteht mehr als in räumlichen in eigentlich

---

[1] Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Lokalisation im Großhirn. Ergebn. d. Physiol. I, 2. 1902, S. 661.

Licht perzipierenden Aufgaben und darin, daß die Einzelheiten des Gesichtsfeldes voll geschöpft und zum Aufbau von Lichtempfindungen ..... verwertet werden."

Bei hemianopischen Gesichtsfelddefekten bleiben stets wenige Grad der ausfallenden Gesichtsfeldhälfte in der Nähe des Fixationspunktes erhalten, nienals fällt der Fixationspunkt vollständig aus. Es scheint mir berechtigt, bei der Erklärung der Widerstandsfähigkeit des makularen Sehens gegenüber pathologischen Einflüssen gewisse Tatsachen des normalen Sehens in stärkerer Weise geltend zu machen, als es bis jetzt geschehen ist. Es kann unentschieden bleiben, ob die Herabsetzung der Eindringlichkeit peripher wahrgenommener Farben allein durch die Abnahme der Lichtstärke peripherer Netzhautbilder erklärt werden kann. Die Tatsache, daß bei geschlossenen Augen das subjektive Augengrau an den Grenzen des Feldes des subjektiven Augengrau allmählich in ein Nichtsehen übergeht, bürgt dafür, daß die den peripheren Teilen dieses Feldes entsprechende endogene Erregung an Intensität der den zentralen Teilen dieses Feldes entsprechenden endogenen Erregung unterlegen ist. Erstere muß daher am ehesten Störungen ausgesetzt sein und damit auch (z. B. nach der Betrachtung G. E. Müllers über die biologische Bedeutung der endogenen Erregung der Sehsubstanz)[1] das periphere Sehen von Außendingen. Die Störungen werden sich bemerkbar machen „durch eine nach Maßgabe der Störung mehr oder weniger deutliche Einengung der Sehfeldgrenze." (Hering VI, S. 111.)

Von den Assoziationen, die sich zwischen optischen und anderen Eindrücken, z. B. taktilen, knüpfen, werden diejenigen die stärksten sein, die sich zwischen den optischen Eindrücken der Macula und den taktilen herstellen, weil wir die Macula den Objekten, die unsere Aufmerksamkeit durch einen anderen als den optischen Sinn, z. B. durch Berührung, erregen, gegenüberzustellen pflegen. Es ist hiernach wahrscheinlich, daß die (subkortikalen und) kortikalen Stätten, die der Macula zugeordnet sind, im Laufe der Erfahrung eine viel innigere und mannigfaltigere Verknüpfung mit anderen, z. B. den taktilen Sinnessphären, erhalten als solche, welche peripheren Teilen der Netzhaut entsprechen, und es würde somit schon verständlich sein, daß erstere auch gegen schädigende Einflüsse besser gesichert sind.

Wir werden später darzulegen haben, daß die Scheidung zwischen Beleuchtung und Beleuchtetem aus der individuellen Erfahrung erwächst; somit bildet die individuelle Erfahrung auch eine Quelle für die wechselseitige Unterstützung von Netzhautzentrum und Netzhautperipherie bei der Wahrnehmung der Beleuchtungsverhältnisse von Oberflächenfarben. Eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit des Auges beim Wiedererkennen farbiger Verhältnisse der hier behandelten Art kann demnach nur

[1] Müller I, S. 411 f.

dann eintreten, wenn das periphere Sehen, nachdem man sich stets seiner Dienste erfreut hat, plötzlich durch experimentellen Ausschluß behindert wird oder infolge pathologischer Einflüsse fortfällt. Wie das periphere Sehen auf diese oder jene Weise eine Schädigung erleiden kann, so kann bekanntlich auch das maculare Sehen durch ein zentrales Skotom eine Beeinträchtigung verschiedenen Grades erfahren. Um dem Vorwurf zu entgehen, naheliegende Erwägungen nicht angestellt zu haben, wollen wir wenigstens kurz andeuten, inwiefern ein zentrales Skotom das Sehen von Farben mit ihren besonderen Erscheinungsweisen, soweit wir es hier behandeln, schädigen kann. Da wir der Macula ganz besondere Funktionen bei der Wahrnehmung der verschiedenen Erscheinungsweisen der Farben zuschreiben (vgl. S. 290 ff.), so sollte bei einem Ausfall oder einer Schädigung des zentralen Sehens das Zustandekommen dieser Erscheinungsweisen von Farben gestört sein. Bei einem angeborenen zentralen Skotom[1] ist indessen keine starke Störung zu erwarten, da sehr wohl bei von der Geburt an wirkender Übung auch periphere Teile der Netzhaut teilweise die Funktion des Zentrums, die ihm kraft seiner histologischen Überlegenheit und kraft seiner Stelle als natürliches Zentrum der Aufmerksamkeit zukommt, bei der Wahrnehmung und Ausbildung dieser Erscheinungsweisen der Farben übernehmen können. Es ist damit zu rechnen, daß sich die Leistung der Peripherie in dieser Beziehung über die unter normalen Verhältnissen vorhandene erheben wird, wenn die besonderen Bedingungen dahin wirken, daß die Netzhautperipherie stärker bei der Wahrnehmung struktueller Verhältnisse der Objekte sowie bei der Orientierung im Raum herangezogen wird. Wenn es berechtigt ist, die Leistung des Zentrums der Netzhaut beim Wiedererkennen von Oberflächenfarben unter verschiedenen Beleuchtungsbedingungen als einen Erfolg der individuellen Erfahrung zu betrachten, muß auch jede andere Stelle der Netzhaut an einem solchen Übungserfolg teilnehmen können, wenn eine willkürliche oder unwillkürliche häufige Hinkehr der Aufmerksamkeit auf diese Teile der Netzhaut erfolgt.

[1] Die Zahl der kongenitalen zentralen Skotome mit positivem Befund ist bekanntlich nicht groß. (Vgl. hierzu K. Grunert. Über angeborene totale Farbenblindheit. Arch. f. Ophthalm. Bd. 56, 1903.) Die Störung des buntfarbigen Sehens in diesen Fällen ist belanglos für die hier diskutierten Fragen. Vgl. hierzu auch Kries II, S. 192.

Dies ist beispielsweise hinsichtlich der „vikariierenden Macula“[1] der Schielenden zu erwarten. Zentrale Skotome größeren Umfangs, die fast die ganze Macula treffen, während das periphere Sehen erhalten bleibt, sind nur bei akuten Erkrankungen der Netzhaut oder des Sehnerven zu beobachten.[2] In solchen Fällen könnten Störungen in der Wahrnehmung der verschiedenen Erscheinungsweisen der Farben recht wohl eintreten.

§ 29. Welche Bedeutung besitzen unsere Beobachtungen mit der Netzhautperipherie für eine Theorie der Entwicklung der Erscheinungsweisen der Farben, welche im Laufe der individuellen Erfahrung eintritt?

Ich verhehle mir nicht, dadurch, daß ich in den vorstehenden Betrachtungen wesentlich das Sehen mit sehr peripheren Teilen der Netzhaut dem mit zentralen gegenübergestellt habe, dem Reichtum des natürlichen Farbensehens mit seinen zwischen beiden Arten des Sehens liegenden Übergängen in gewissem Grade Gewalt angetan zu haben, wobei ich zur Entschuldigung sagen kann, daß ich auch hier zunächst das Typische des peripheren Farbensehens, das beim Sehen mit sehr peripheren Teilen der Netzhaut deutlicher zum Ausdruck kommen mußte, erfassen wollte. Vermutlich wird es eine eingehendere Untersuchung gestatten, auf der Netzhaut mit größerer Bestimmtheit, als es vorstehend geschah, Zonen abzuteilen, für die bestimmte der von uns unterschiedenen Erscheinungsweisen von Farben charakteristisch sind. Untersuchenswert erscheint mir die auch nur angedeutete Frage, wie weit individuelle Differenzen hinsichtlich der Erscheinungsweisen der Farben in jenen Netzhautzonen existieren, und wie weit diese ihre Ursachen in angeborenen und erworbenen Verschiedenheiten des peripheren Sehens haben. Selbst ausführen möchte ich an dieser Stelle die Konsequenzen, die nach meiner Ansicht aus den Tatsachen der Erscheinungsweisen der Farben auf der Peripherie der Netzhaut für eine Theorie der Entwicklung, welche die Erscheinungsweisen der Farben im Laufe der individuellen Erfahrung im allgemeinen nehmen, zu ziehen sind. Mit der Geburt gegeben ist der histolo-

---

[1] Vgl. z. B. A. Bielschowsky. Arch. f. Ophthalm. Bd. 50, 1900.

[2] Vgl. z. B. S. 194 f. der auf S. 234 zitierten Arbeit von Schwarz.

gische Unterschied im Bau der Fovea und der Peripherie. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich im Laufe der Erfahrung auf eine etwa hierdurch bedingte histologische Differenzierung der zugehörigen nervösen Organe eine funktionelle Differenzierung aufsetzt. Es dürfte kaum jemand der Ansicht sein, daß der zwischen der Fovea und der Peripherie der Netzhaut von Geburt an bestehende histologische Unterschied allein hinreicht, um zu erklären, wie es kommt, daß die Fovea hinsichtlich des Reichtums der durch sie vermittelten Farbenerlebnisse der Peripherie so sehr überlegen ist. Wir gehen von der Voraussetzung aus, daß sich der Reichtum an Farbenerlebnissen, den das foveale Sehen zeigt, unter dem Einfluß bestimmter Faktoren im Laufe der individuellen Erfahrung entfaltet hat, daß er eine Schöpfung nervöser Organe ist. Wir glauben, daß es nicht zufällig ist, wenn uns die Netzhautperipherie gerade die von uns ermittelten Farbeneindrücke und nicht andere liefert. Wir sind der Ansicht, daß die durch die Netzhautperipherie bei einer beliebigen Reizung vermittelten Farbeneindrücke denjenigen ähnlich sind, welche das Netzhautzentrum bei genau gleicher Reizung dem Bewußtsein lieferte, ehe es Erfahrungen sammeln konnte, die auf das Farbensehen Einfluß gewinnen. Diejenige Erscheinungsweise, welche die Farbeneindrücke besitzen, wenn sie in keiner Hinsicht durch die Erfahrung beeinflußt sind, wollen wir als die Urerscheinungsweise der Farben bezeichnen.

Untersuchungen an Neugeborenen lassen die Fovea mit dem Beginn des Sehens als Zentrum der optischen Aufmerksamkeit erscheinen[1], sie muß nach allgemeinen Übungsgesetzen in der Erwerbung der das farbige Sehen mitbestimmenden und umformenden optischen Erfahrungen der Peripherie voraneilen. Der Netzhautperipherie schenkt der Erwachsene für die Wahrnehmung von Formen [2] und Farben wenig Aufmerksamkeit, wenn auch scheinbar

---

[1] Wir kommen auf eine Darlegung dieser Verhältnisse (mit Literaturangaben) im Abschnitt VI zurück.

[2] Soweit ich sehen kann, liegt über die Änderungen, welche Objekte, die sich in verschiedener Entfernung vom Beobachter befinden, hinsichtlich ihrer Größe und Gestalt bei einer Verschiebung auf die Peripherie erleiden, keine Untersuchung vor. A. Kirschmanns Arbeit über die Erkennbarkeit geometrischer Figuren und Schriftzeichen im indirekten Sehen (Arch. f. d. ges. Psych. Bd. 13, 1908) ist nicht eigentlich hierher zu rechnen. Lohnen würde sich wohl eine solche Untersuchung. Ich erwähne die folgende hierher gehörende Beobachtung. Der Mond, der am Horizonte wie bekannt so viel größer erscheint, verliert beträchtlich an Größe für mich und andere

mehr als Individuen, die, wie Kinder und operierte Blindgeborene, erst mit dem Sehen beginnen. Wenn die Farbenwahrnehmungen der Netzhautperipherie auch nicht von der Erfahrung unberührt bleiben, woran ihre Beeinflußbarkeit [1] im Sinne von Erscheinungsweisen, von denen wir anzunehmen haben, daß sie aus der Erfahrung stammen, kaum zweifeln läßt, so dürften sie doch der Urerscheinungsweise der Farben näherstehen als die Farbenwahrnehmungen, die durch die Netzhautmitte ausgelöst werden. Wenigstens dürfen wir wohl soviel sagen, daß die Netzhautperipherie die Erscheinungsweise der Farben zeigt, welche diese auch für die Netzhautmitte einmal besessen haben. Die geringste Verschiebung von der Netzhautmitte weg bringt den Eindruck, daß Lichter und Schatten auf Oberflächenfarben aufliegen, zum Verschwinden. Die Wahrnehmung aufliegender Lichter und Schatten scheint zu den jüngsten Schöpfungen nervöser Organe zu gehören. Durch die Netzhautperipherie sind nicht wahrnehmbar durchsichtige Flächenfarben, deutlich raumhafte Farben und Glanz. Die ersten beiden Erscheinungsweisen bauen sich stets, die letzte Erscheinungsweise meist nach unseren früheren Analysen (S. 15 ff.) auf deutlich gegebenen Oberflächenfarben auf. Fehlen letztere, so können sich auch jene drei Erscheinungsweisen nicht mit Deutlichkeit einstellen. Die Oberflächenfarben sind nach unseren Beobachtungen auf der Peripherie durchaus nicht mit Deutlichkeit gegeben. Sie sind demnach auch als Erfahrungsprodukt charakterisiert, wenngleich sie, da sie noch bei höheren Exzentrizitäten wahrzunehmen sind als Durchsichtigkeit, Raum-

---

Beobachter, wenn sein Bild etwas nach der Peripherie hin verschoben wird. Für den höherstehenden Mond ist eine gleich starke Änderung seiner Größe nicht zu konstatieren. Die Deutung dieser beachtenswerten Erscheinung ist nicht durch physiologische Momente zu geben und hat nach meiner Ansicht durch Heranziehung psychologischer Faktoren zu erfolgen, sodaß sie in gutem Einklang steht mit der Deutung gewisser Beobachtungen über die scheinbare Größe des Mondes, die W. FILEHNE in jüngster Zeit veröffentlicht hat. („Über die Rolle der Erfahrungsmotive beim einäugigen perspektivischen Fernsehen" und „über die Betrachtung der Gestirne mittels Rauchgläser und über die verkleinernde Wirkung der Blickerhebung." Arch. f. Anat. u. Phys. Jahrg. 1910, Phys. Abt. S. 392 ff. und S. 523 ff.)

[1] Die Beeinflußbarkeit zeigt sich in denjenigen unserer Versuche, in denen die Farbenwahrnehmung der Netzhautperipherie in ihrer Erscheinungsweise der Farbenwahrnehmung des Netzhautzentrums angeglichen wird (vgl. z. B. S. 290 f.).

haftigkeit und Glanz, einer früheren Schicht in der Entwicklung farbiger Erscheinungen angehören dürften als Durchsichtigkeit, Raumhaftigkeit und Glanz. Die Netzhautperipherie zeigt uns auch die Oberflächenfarben in ihren ersten Entwicklungsstadien; sie haben etwa den Charakter, in dem sich die Oberflächenfarben sehr ferner Objekte der Netzhautmitte darbieten, stehen also den Flächenfarben nahe. Vermutlich konnte die Netzhautmitte zunächst nur so wenig ausgeprägte Oberflächenfarben wahrnehmen. Verfolgen wir den eingeschlagenen Gedankengang weiter, so kommen wir zu dem Resultat, daß die Netzhautmitte als erste Reaktion auf Licht dem Bewußtsein Flächenfarben darbietet oder daß sie den Zustand, der diese Reaktionsweise bedingt, durchläuft, ehe sie zur Wahrnehmung von Oberflächenfarben gelangt. Von einem besonderen Interesse ist es, daß auch das flächenhafte Leuchten, da es in deutlicher Weise auf der Peripherie zu beobachten ist, nach unserer Betrachtungsweise das „Alter" der Flächenfarben besitzt. Leuchtende Flächenfarben unterscheiden sich nach unserer Deskription (S. 27 f.) von nicht-leuchtenden, abgesehen von einem zuweilen angetroffenen Hinneigen zum Raumhaften, nur durch ihre große Helligkeit. Dem unberührten Netzhautzentrum (sit venia verbo!) müssen von vornherein Lichter hoher Stärke leuchtend erscheinen; auch stark glänzende Körper dürften ihm wie später noch auf der Peripherie den Eindruck des Leuchtens machen.

Abschnitt IV.

Beobachtungen und Versuche im Gebiete der durchsichtigen und durchscheinenden raumhaften Farben und Flächenfarben.

§ 30. Über den Einfluß einer verschiedenen räumlichen Anordnung kombinierter tonfreier und buntfarbiger Lichter auf deren Wahrnehmung.

Der Episkotister kam bei den bisherigen Versuchen dort in Anwendung, wo wir von seiner reizschwächenden Wirkung Gebrauch zu machen wünschten. Er war für uns eines der Mittel, die Beleuchtungsintensität tonfreier und bunter Oberflächenfarben herabzusetzen und damit das Vorkommen tonfreier und bunter Oberflächenfarben in verschiedenen Stufen der Ausgeprägtheit zu demonstrieren. In den Versuchen, in denen er zu diesem Zweck zwischen die lichtausstrahlenden Objekte und das Auge des Beobachters eingeschoben wurde, wurde mit Fleiß darauf geachtet, seine eigene Lichtwirkung möglichst gleich Null zu machen. Da damit zu rechnen war, daß seine Lage im Raume, wenn sie dem Beobachter bekannt gewesen wäre, auch in dem Falle seiner Lichtlosigkeit eine Wirkung auf die Wahrnehmung ausgeübt hätte, so wurde in den früheren Versuchen die Wahrnehmung seiner Lage durch einen verdeckenden Schirm dem Beobachter unmöglich gemacht.[1]

In den hier folgenden Versuchen kam es mir nun gerade darauf an, den tonfreien oder bunten Episkotister [2] in Kombination

---

[1] Vgl. hierzu die Bemerkung auf S. 149.

[2] Ich spreche der Kürze wegen auch hier von Episkotistern, obwohl die mit einem Ausschnitt versehenen rotierenden Scheiben nicht mehr den

mit anderen tonfreien oder bunten Lichtern dazu zu verwenden, den Einfluß der räumlichen Variation kombinierter tonfreier oder bunter Farben auf die Farbenwahrnehmung zu prüfen. Der Episkotister, der die Durchsicht auf andere Objekte gestattet, bietet die Möglichkeit, im Laboratorium nachzuprüfen, was beim natürlichen Sehen des gewöhnlichen Lebens die flächenhafte oder raumhafte Durchsichtigkeit von Farben mitbestimmt. Von der Undurchdringlichkeit des starken Nebels bis zu den zartesten Wirkungen der scheinbar vollständig klaren Luft kommen in der Natur alle möglichen Übergänge der Verschleierung der Lokalfarben durch vorgelagerte lichtdurchlässige Medien vor. Daß auch bei völlig klarer Luft bereits in solchen Entfernungen, bei denen man von einer Wirkung der „Luftperspektive" noch nicht zu sprechen pflegt, die Lokalfarben der Objekte in bestimmter Weise von den Luftmassen beeinflußt werden, ist eine Tatsache, die vor allem dem aufmerksamen Beobachter von Gemälden nicht unbekannt bleibt. Die Änderung, welche die Lokalfarben von Objekten, die nur wenige Meter vom Beobachter entfernt sind, durch die Luft erleiden, und die „Luft" selbst wiederzugeben, ist stets nur den Meistern des Kolorits gelungen. (Man denke hier an Velasquez. Ich erinnere an die Ausdrucksweise der Maler: man muß sehen, daß die Luft um die Objekte spielt, daß der Gegenstand in der Luft steht.) Eine Untersuchung über durchsichtige und durchscheinende Farben, ausgedehnt auch auf bunte Farben, schien mir von Interesse in Beziehung auf gewisse Beobachtungen, die man gelegentlich bei Untersuchungen über binokulare Farbenmischung gemacht hat. Manche Beobachter wollen dabei in gewissen Stadien der Beobachtung ein Durchscheinen der einen der beiden Farben durch die andere (auch wenn sie beide komplementär waren), konstatiert haben.[1] Entsprechende Beobachtungen von dem Durchscheinen einer Farbe durch ihre komplementäre sind gelegentlich in der

---

ausschließlichen Zweck haben, eine Herabsetzung der Beleuchtungsintensität herbeizuführen, sondern selbst mit ihrer Farbe wirken sollen.

[1] Johannes Müller. Handbuch der Physiologie des Menschen Bd. 2, S. 387. „Zuweilen wiegt die blaue Farbe vor, zuweilen die gelbe, zuweilen wird eine blaue Wolke oder blaue Flecken auf gelbem Grunde, zuweilen das umgekehrte gesehen."

Helmholtz II, S. 927. „Ich sehe immer beide Farben getrennt und gleichsam eine durch die andere."

Hypnose [1] gemacht worden. Schließlich braucht eine solche Untersuchung auch nicht ohne jede Bedeutung für gewisse klinische Beobachtungen zu sein. Ich denke hier an solche Fälle, wo bei Gesichtshalluzinationen das Halluzinierte dahinter befindliche Objekte durchscheinen läßt.[2]

Durchscheinende raumhafte Farben. Wir führen zunächst ein Gedankenexperiment aus. Wir wollen uns einmal die Frage vorlegen, welcher Farbeneindruck sich einstellen würde, wenn wir vor unser Auge einen lichtaussendenden tonfreien Episkotister bringen würden, welcher so groß ist, daß seine Randkonturen nicht mehr in das Gesichtsfeld fallen und dessen Fläche so vollkommen gleichförmig ist, daß sie sich durch keinerlei Struktur mehr verrät. Die hinter dem Episkotister liegenden Objekte erscheinen dann in einem Gesichtsfeld, in dem die Beleuchtungsstärke entsprechend der Öffnung des Episkotisters herabgesetzt ist, während gleichzeitig die Farben sämtlicher Objekte eine Helligkeitsangleichung dadurch erhalten, daß sich die dem Episkotister entsprechende Lichtstärke ihnen überlagert. Je nach der Lichtstärke des Episkotisters wird der eintretende Effekt der sein, daß das Gesichtsfeld im großen ganzen lichtstärker oder lichtschwächer als ohne Episkotister erscheint; niemals bleibt indessen die Angleichung der Lichtstärke der Objekte aus. Diese Angleichung muß, gleichviel wie es mit der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes für die Gesichtsempfindungen bestellt sein mag, das Wiedererkennen der Objekte notwendigerweise stören. Die größten Feinheiten der Oberflächenstruktur der Objekte werden im allgemeinen der Lichtüberlagerung am ehesten zum Opfer fallen, während stark kontrastierende Umrisse der Objekte ihr am erfolgreichsten widerstehen werden. Das Undeutlichwerden der Konturen der Objekte oder ihrer Oberflächenstruktur, welches sich bei solchen Lichtstärken des Gesichtsfeldes bemerkbar macht, bei denen sich für gewöhnlich ein Undeutlichwerden der Konturen und der Oberflächenstruktur der Objekte überhaupt noch nicht oder wenigstens nicht in dem

[1] Die ersten hierhergehörigen Beobachtungen finden sich bei R. Heidenhain. Der sogenannte tierische Magnetismus. Breslau 1880. 4. Aufl., S. 72 ff. Weitere Literaturangaben findet man in der im VI. Abschnitt zitierten Arbeit von Levy-Suhl.

[2] Vgl. z. B. G. Störring. Vorlesungen über Psychopathologie. Leipzig 1900. S. 51.

unter den veränderten Umständen beobachteten Grade einzustellen pflegte, ist das, was den Eindruck des Verhülltseins der Objekte durch vorgelagerte raumhafte Farben auszeichnet vor dem Eindruck, daß allein ihre Beleuchtungsstärke verändert ist (Herauf- oder Herabsetzung der Beleuchtungsstärke). Um die soeben angedeuteten Beobachtungen auszuführen, kann man sich nicht gut der undurchsichtigen Episkotister bedienen, weil man einerseits hinsichtlich deren Dimensionen sehr beschränkt ist und weil andererseits eine so starke Annäherung kleinerer Episkotister an das Auge, daß durch dieselben das ganze Gesichtsfeld eingenommen wird, neben anderen Unbequemlichkeiten das mit sich führt, daß der Kopf des Beobachters dem Episkotister das notwendige Licht fortnimmt. Ich bediente mich mit Vorteil eines Glastrogs von der Form der Kühlwannen, wie man sie zu Projektionszwecken verwendet. Der Glastrog war von solchen Dimensionen, daß er, dicht vor beide Augen gehalten, fast das ganze Gesichtsfeld ausfüllte. In diesen Trog konnte man nun verschieden gefärbte Flüssigkeiten einschütten. Verwendet man Wasser, dem eine gewisse Menge Milch zugesetzt worden ist, so gewinnt man bei der Betrachtung der Landschaft durch diese Flüssigkeit mit höchster Deutlichkeit den Eindruck, durch den mit weißlichem Nebel erfüllten Raum auf die jeweilig betrachteten Objekte zu sehen.[1] Durch die Dosierung der Milchmenge hat man es in der Hand, jeden Stärkegrad des Nebels künstlich hervorzurufen. Es stellt sich der Eindruck ein, als sei der Nebel durch den ganzen Raum verbreitet, während doch der diesen Eindruck veranlassende Reiz eine Flüssigkeitsschicht von nur mäßiger Dicke (etwa $^1/_2$ cm) ist. Bei binokularer Betrachtung wird die Raumhaftigkeit des Nebels deutlicher, zugleich treten auch die durch ihn gesehenen Gegenstände in ihren Konturen und eigentlichen Farben deutlicher heraus. Man kann sich leicht von der bereits oben (S. 17) erwähnten Tatsache überzeugen, daß der Nebel nur sichtbar bleibt, solange Gegenstände durch ihn gesehen werden; er verschwindet, sobald dies nicht mehr der Fall ist, z. B. vor der Himmelsfläche. Bei der Verwendung einer Milchlösung für unseren Glastrog er-

[1] Bekanntlich ist es die an den kleinen in der Milch schwebenden Teilchen stattfindende diffuse Reflexion des Tageslichts, welche die weiße Farbe der Milch bedingt. Schon Helmholtz hat darauf hingewiesen, daß man sich auf die von uns gewählte Weise trübe Lösungen herstellen kann (Helmholtz I, S. 104).

fährt das Gesichtsfeld im großen ganzen eine Erhöhung seiner Helligkeit. Ersetzt man sie durch Wasser, dem schwarze Tusche zugesetzt worden ist, so erfährt das Gesichtsfeld wie bei der Verwendung eines Rauchglases eine Lichtschwächung. Tuschelösung und Rauchglas wirken wie eine Herabsetzung der Beleuchtungsstärke, ohne daß sich dabei dem Gesichtsfeld gleichmäßig Licht überlagerte. Setzt man aber der Tuschelösung etwas Milch zu, so tritt wieder der Eindruck eines Nebels ein, der den Raum zwischen dem Beobachter und den nun unter herabgesetzter Beleuchtung stehenden Gegenständen ausfüllt. Verwendet man anstatt der tonfreien *buntfarbige klare* Lösungen, so erscheinen die durch sie betrachteten Gegenstände wie bei Verwendung bunter Gelatine mit buntfarbigem Licht übergossen. Setzt man diesen buntfarbigen klaren Lösungen etwas Milch zu, so erscheint der Raum von *buntfarbigen Nebeln* erfüllt. Man kann auf diese Weise recht merkwürdige Farbeneindrücke erzeugen, denen man in der Natur gar nicht oder sehr selten begegnet. Mit Hilfe solcher Flüssigkeiten kann man wohl auch die Wirkungsweise durchscheinender und durchsichtiger Malmittel (Lasuren) untersuchen.

Ableitung zweier wichtiger Sätze. Ich teile nun zunächst eine Reihe von Beobachtungen mit, in denen sich eine bemerkenswerte Abhängigkeit der Auffassung der einen Teil des Gesichtsfeldes treffenden Beleuchtungsstärke von der *scheinbaren* Größe dieses Teiles geltend macht. An der Wand eines hellgetünchten Zimmers befinden sich eine bedruckte Tafel, ein Thermometer und noch einige kleinere Gegenstände. Die Helligkeitsunterschiede zwischen diesen Gegenständen, der Wandtür und den anderen, sich durch ihren Anstrich abhebenden und in das Gesichtsfeld fallenden Teilen der Wand sind nur klein; man darf also annehmen, daß, wenn ein Beobachter diese Wand aus verschiedener Entfernung betrachtet, doch mit der bei den sogleich zu beschreibenden Versuchen wünschenswerten Annäherung *gleiche* Lichtmengen in das Auge des Beobachters gelangen.[1] Ein Rauchglas, das etwa $^1/_{30}$ des Lichtes durchläßt, steckt in einem Rahmen, der von dem Rauchglase eine Quadratfläche von etwa

[1] Die mitzuteilenden Beobachtungen sind deutlicher, wenn sich im Gesichtsfeld eine Reihe von Gegenständen befinden, als wenn dort eine gleichmäßige Oberfläche wahrgenommen wird. Ersteren Falles wird in höherem Grade das Bewußtsein der Gegenständlichkeit erweckt.

5 cm Seitenlänge freiläßt. An diesem Rahmen ist eine Pappzunge von 30 cm Länge nahezu senkrecht zu der Fläche des Rahmens befestigt, deren freies Ende gegen den Nasenrücken gelegt wird, damit das Rauchglas, durch welches man hindurchsieht, stets in derselben Entfernung von dem beobachtenden Auge bleibt. Der Rand des Rahmens ist etwa 1 cm breit, seitwärts von ihm sieht man die das Gesichtsfeld ausfüllenden Objekte. Das Rauchglas muß in eine solche Lage gebracht werden, daß keine störenden Lichtreflexe von seiner dem Auge zugewandten Seite in das Auge gelangen.[1] Zunächst stellt sich der Beobachter so nahe zu der bedruckten Tafel (die er monokular durch das Rauchglas betrachtet) auf, als es möglich ist, ohne daß die betrachteten Teile der Tafel eine Beschattung durch den Körper des Beobachters und durch das Rauchglas erfahren. Bei meinen Beobachtungen blieb zwischen der Tafel und dem Rauchglas eine Entfernung von etwa 10 cm. Die durch das Rauchglas gesehenen Teile der Tafel, die wir als normal beleuchtet voraussetzen wollen, erfahren infolge der Lichtabsorption durch das Rauchglas eine beträchtliche Verdunklung.[2] Indem man ihnen annähernd die gleiche Beleuchtungsstärke wie dem übrigen Gesichtsfeld zuerkennt, werden sie in Helligkeiten wahrgenommen, wie sie ihrer durch die Absorption des Rauchglases herabgesetzten Lichtstärke sowie der im ganzen Gesichtsfeld herrschenden Beleuchtungsstärke entsprechen. Nun entfernt sich der Beobachter unter Beibehaltung des Fixationspunktes ein beträchtliches Stück von der Tafel, so daß sie selbst ganz, aber auch schon andere Teile der Wand mit den daran befindlichen Gegenständen durch das Rauchglas erblickt werden. Die Größe des Netzhautgebietes, dem durch das Rauchglas Licht entzogen wird, bleibt bei den verschiedenen Entfernungen des Beobachters von der Wand annähernd dieselbe. Dieses Netzhautgebiet wird unter der Voraussetzung, die wir oben hinsichtlich der Helligkeit der einzelnen Teile der Wand gemacht haben, bei dem Zurücktreten des Beobachters annähernd von derselben Lichtmenge wie vor dem Zurücktreten getroffen. Ist diese Voraussetzung erfüllt, so kann auch beim Zurücktreten des Beobachters von

[1] Es empfiehlt sich, bei diesen Beobachtungen eine schwarze Tuchmaske zu tragen.

[2] Wir sehen im folgenden zunächst von dem Eindruck der Durchsichtigkeit des Rauchglases ab, um auf ihn bei späteren Versuchen (S. 321 ff.) zurückzukommen.

einer wesentlichen Änderung der Helligkeit des durch das Rauchglas betrachteten Stückes der Tafel infolge simultanen Flächenkontrastes von dessen Umgebung aus nicht die Rede sein.[1] Bleibt das Auge bei verschiedener Entfernung von der Tafel auf diese selbst akkommodiert, so erfährt infolge der verschiedenen Schärfe, mit der sich der Kontur des Rauchglases abbildet, nur der Randkontrast des „Rauchglasgebietes" eine gewisse Änderung, die wir aber hier nicht zu berücksichtigen brauchen, da wir unsere Betrachtung auf die mittleren Teile des Rauchglasgebietes beschränken. Es geht aus diesen Ausführungen hervor, daß diejenigen farbigen Änderungen, die in dem mittleren Teil des durch das Rauchglas betrachteten Gebietes des Gesichtsfeldes bei den angegebenen Entfernungsänderungen etwa zur Beobachtung kommen, sofern sie nur irgend von Belang sind, mit Sicherheit nicht auf Änderungen der retinalen Erregungsverhältnisse zurückgeführt werden dürfen. Diese Änderungen sind nun tatsächlich als sehr beträchtlich zu bezeichnen. Bei Entfernung von der Tafel stellt sich der Eindruck einer verschiedenen Beleuchtungsstärke innerhalb und außerhalb des Rauchglasgebietes ein; innerhalb desselben nimmt man eine herabgesetzte Beleuchtungsstärke wahr. Dieser Eindruck wird um so deutlicher, je weiter man sich von den betrachteten Objekten entfernt, d. h. also ein je größerer Teil der Außenwelt durch das Rauchglas zu überblicken ist. Innerhalb dieses Gebietes, in dem die Beleuchtungsstärke herabgesetzt ist, erleiden die wahrgenommenen Oberflächenfarben Helligkeits- und Ausgeprägtheitsänderungen von der Art, wie sie uns nach unseren früheren Versuchen über Herabsetzung der Beleuchtungsstärke bekannt sind. In erster Linie ist auch hier wieder die Aufhellung, welche die weißen Oberflächenfarben trotz ihrer geringen Lichtstärke erfahren, überraschend. Ich erhielt die eben mitgeteilten Beobachtungen in schöner Weise bestätigt, als ich sie im Freien wiederholte, wo größere Entfernungen zur Verfügung standen. Als Beobachtungsobjekt nahm ich die Wand eines Hauses, die sich infolge ihres relativ gleichmäßigen Anstrichs (die Gleichförmigkeit der Helligkeit dieser Wand wurde fast nur von der anderen Helligkeit der Fenster

[1] Dabei wird angenommen, daß der Simultankontrast nur von peripheren Verhältnissen abhängig ist. Vgl. hierzu die auf den Simultankontrast bezüglichen Ausführungen im Abschnitt VI.

des Hauses unterbrochen), für unsere Zwecke wohl eignete. Ich entfernte mich so weit, daß ich schließlich die ganze Hauswand durch das Rauchglas sah, welches wieder beständig die gleiche Entfernung vom Auge behielt. Die Wand machte dann deutlich den Eindruck wie bei natürlicher Dämmerung. In gleicher Weise gibt sich eine ganze Häuserflucht, die man durch das Rauchglas betrachtet. Es ist hervorzuheben, daß die Beleuchtung, die man im Rauchglasgebiete wahrnimmt (die herabgesetzte), sowie die Beleuchtung, die man im übrigen Gesichtsfeld beobachtet (die normale), unvermittelt aneinander stoßen.

Wir lehnten es ab, die Änderungen des farbigen Eindrucks, die wir bei den vorstehenden Versuchen innerhalb des durch das Rauchglas betrachteten Bezirks des Sehfeldes eintreten sahen, durch Änderungen der retinalen Erregungen zu erklären. Mehr noch als aus der Größe der beobachteten Änderungen dürfen wir aus deren qualitativen Charakter schließen, daß sie wesentlich nicht durch periphere Einflüsse der erwähnten Art (vor allem durch Simultankontrast) zustande kommen können. Simultankontrast kann den Eindruck von Helligkeitsänderungen bewirken, aber nicht den von Beleuchtungsänderungen, wie sie in unseren Versuchen zur Beobachtung kommen.

Die Dunkelheit, die in dem durch das Rauchglas betrachteten Teil des Gesichtsfeldes vorhanden ist, wird bei keiner Entfernung als aufliegender Schatten aufgefaßt. Es ist dies auch nicht zu erwarten, wenn man berücksichtigt, unter welchen Umständen der Eindruck der Beschattung eintritt.

Nach meinen Beobachtungen kann man die Wirkung nicht aller Rauchgläser einfach als eine die Beleuchtungsstärke dämpfende betrachten wie die Wirkung eines völlig lichtlosen Episkotisters. Wegen der nicht ganz fehlenden diffusen Reflexion innerhalb der Glasmasse der meisten Rauchgläser überzieht sich das durch das Rauchglas betrachtete Gesichtsfeld mit einer bestimmten Lichtmenge. Das Rauchglas wirkt dann nicht bloß lichtdämpfend, es gleicht die verschieden hellen Teile des Gesichtsfeldes etwas in ihrer Helligkeit an. Die Objekte erscheinen wie mit einem leichten Schleier überzogen.

Wir fassen unsere Beobachtungen in folgender Weise zusammen. Wird innerhalb eines bestimmten mit Oberflächenfarben erfüllten Bezirks des Gesichtsfeldes die Beleuchtungsstärke gleichmäßig herabgesetzt, so ist die dadurch bedingte Änderung des Eindrucks verschieden je nach der Art der Ausfüllung dieses Bezirks. Erscheint innerhalb desselben nur ein kleines Stück der Außenwelt, so bestimmen sich dessen Farben im wesentlichen

nach der Art der ihnen entsprechenden retinalen Prozesse sowie nach der im Gesamtgesichtsfeld herrschenden (und wahrgenommenen) Beleuchtungsstärke. Nimmt innerhalb des betreffenden Bezirks ein großes Stück der Außenwelt (in entsprechend größerer Entfernung) Platz, so erscheint in ihm die Beleuchtungsstärke herabgesetzt, seine Farben erscheinen in ähnlicher Weise verändert, wie wenn im ganzen Gesichtsfeld die Beleuchtungsstärke herabgesetzt wäre.

Man erwartet natürlich die Gültigkeit einer ähnlichen Gesetzmäßigkeit für den Fall, daß in einem bestimmten Bezirk des Sehfeldes die Beleuchtungsstärke herauf-, statt herabgesetzt ist. Diese Erwartung erfährt eine Bestätigung, doch besitzen die in Betracht kommenden Erscheinungen nicht die gleiche Prägnanz wie bei Herabsetzung der Beleuchtungsstärke. Die Versuchsbedingungen sind weniger leicht herzustellen, da man es nicht in der Hand hat, in gleich einfacher Weise wie mit dem Rauchglas eine Herabsetzung so mit einem anderen Mittel eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke innerhalb eines bestimmten Bezirks des Sehfeldes zu erzielen und bei verschiedenen Entfernungen von den betrachteten Gegenständen festzuhalten. Man kann folgenden Weg einschlagen. Ein Gegenstand von dunklen Farben wird in das direkte Sonnenlicht gebracht. Seine Betrachtung (genauer: die Betrachtung eines Teiles des Gegenstandes) findet durch die Öffnung eines weißen Pappschirmes statt, der so gehalten wird, daß er normal beleuchtet ist. Läßt man dem Pappschirm die gleiche Entfernung vom Auge, so stellt sich erst bei größerer Entfernung von jenem Gegenstand deutlich der Eindruck ein, daß sich der Gegenstand unter höherer Beleuchtungsstärke befindet, während seine Beleuchtung vordem annähernd als normal aufgefaßt wurde. Mit dieser Änderung in der Auffassung der Beleuchtungsstärke ändert sich auch die Qualität und Ausgeprägtheit der wahrgenommenen Oberflächenfarben. Die Verwendung eines dunklen Gegenstandes empfiehlt sich im Hinblick auf die oben (S. 175) angestellten Betrachtungen.

Nach den vorstehend mitgeteilten Beobachtungen kann uns die Tatsache nicht mehr überraschen, daß sich der Eindruck einer Beleuchtungsänderung (samt gewissen dieser Beleuchtungsänderung entsprechenden Änderungen der wahrgenommenen Oberflächenfarben) innerhalb eines durch ein Rauchglas betrachteten Bezirks des Seh-

feldes mit um so größerer Deutlichkeit einstellt, je größer bei gleichbleibender Entfernung des Rauchglases von dem Auge dessen Fläche genommen wird. Mangels eines größeren Rauchglases überzeugen wir uns so von dieser Tatsache, daß wir uns in einiger Entfernung von einer Zimmerwand aufstellen und nun demselben Rauchglas eine verschiedene Lage zwischen der Wand und dem beobachtenden Auge zuweisen. Erreicht das Rauchglas eine größere Entfernung vom Auge, so wird das dahinter Liegende in der Helligkeit wahrgenommen, die seiner Lichtstärke sowie der im Gesichtsfeld vorhandenen Beleuchtungsstärke entspricht. Die stärkste Änderung des Eindrucks ist vorhanden, wenn das Rauchglas dem Auge so nahe ist, daß das ganze Gesichtsfeld eine herabgesetzte Beleuchtungsstärke besitzt. Die Änderungen der Netzhautprozesse, die hier mit der Lageänderung des Rauchglases (infolge der Wechselwirkung der Sehfeldelemente) eintreten, müssen wir als etwas beträchtlicher annehmen als die, welche in den früheren Beobachtungen (S. 314 f.) mit der Entfernungsänderung des Beobachters eintraten. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß sie trotzdem keine hinreichende Erklärung der Änderungen, welche der farbige Eindruck erleidet, zu bieten vermögen, weil es sich auch hier nicht allein um Helligkeitsänderungen, sondern gleichzeitig um Änderungen des Beleuchtungseindrucks handelt.

Ganz ähnliche Beobachtungen wie die eben mitgeteilten kann man machen, wenn man die Rauchgläser durch buntfarbige Gelatineplatten ersetzt. Wird eine buntfarbige Gelatineplatte mäßiger Größe dicht an die durch sie betrachteten Objekte herangebracht, so erscheint der durch die bunte Gelatine gesehene Teil des Gesichtsfeldes mit bunten Oberflächenfarben von den Sättigungsgraden, welche den Intensitäten der buntfarbigen Strahlungen entsprechen. Läßt man wieder einen größeren Teil der Umgebung durch die Gelatineplatte überblicken oder nimmt man die Gelatineplatte größer, so erscheinen die Gegenstände nicht einfach buntgefärbt, sondern sie erscheinen gleichzeitig in buntfarbiger Beleuchtung; die eigentlichen Farben der Gegenstände kommen dabei mehr zur Geltung. Diese Beobachtungen heischen eine ganz analoge Erklärung, wie wir sie für die Beobachtungen mit den Rauchgläsern werden zu geben haben.

Feldgrößensatz I. und II. Ordnung. Da wir uns

wiederholt auf die vorstehend mitgeteilten Beobachtungen werden stützen müssen, so empfiehlt es sich, kurze Bezeichnungen für den Sachverhalt, der darin zum Ausdruck kommt, einzuführen. Die Tatsachen der Beleuchtungsänderung bei Änderung der wahren Größe (Änderung der Größe des Netzhautbildes) resp. der scheinbaren Größe (Gleichbleiben der Größe des Netzhautbildes) eines abweichend beleuchteten Bezirks des Sehfeldes wollen wir unter dem Feldgrößensatz I. resp. II. Ordnung befassen.[1]

Die folgenden Versuche sollen weitere Beobachtungen und numerische Bestimmungen für den Feldgrößensatz II. Ordnung liefern. Die eigentliche Erklärung der beiden Feldgrößensätze stellen wir für später zurück (§ 39). Numerische Bestimmungen für den Feldgrößensatz I. Ordnung haben wir nicht vorgenommen.

Numerische Bestimmungen zu dem Feldgrößensatz I. Ordnung.

Verwendung tonfreier Reizkombinationen. Versuchsanordnung VII (s. Fig. 21). In einem Versuchs-

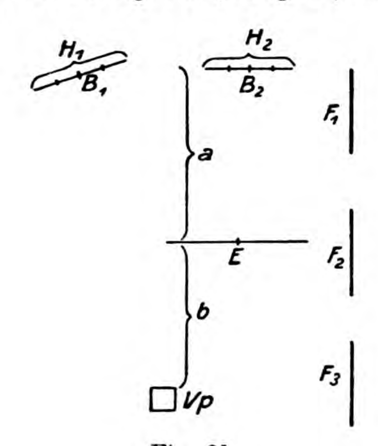


Fig. 21.

zimmer mit drei Fenstern F_1, F_2, F_3 sind zwei Kreisel so aufgestellt, daß die darauf befestigten MAXWELLschen Scheiben B_1 und B_2 bei

[1] Die Tatsache, daß hier eine ähnliche Beeinflussung der Beleuchtungswahrnehmung durch die Zunahme der wirklichen und der scheinbaren Größe eines abweichend beleuchteten Teiles des Sehfeldes eintritt, erinnert an die von JAENSCH erwiesene Tatsache, daß die Aufmerk-

objektiv gleichen Einstellungen gleiche Lichtmengen aussenden. Es ist dies dadurch erreicht, daß die von den Fenstern entferntere Scheibe B_1 etwas stärker nach diesen hin gedreht worden ist (in der schematischen Zeichnung habe ich die Drehung übertrieben). Nach Befestigung zweier gleich heller Scheiben wird unter Betrachtung der beiden Scheiben durch einen gelochten Schirm B_1 so lange gedreht, bis der Eindruck subjektiver Gleichheit eintritt. B_1 und B_2 (mit einem Durchmesser von etwa 5 cm) liegen auf 2 Hintergründen H_1 und H_2 (mit einem Durchmesser von etwa 11 cm) auf, über deren Helligkeit wir weiter unten berichten werden. In einem variablen Abstande a von B_2 befindet sich ein Episkotister, welcher in den ersten Versuchen mit Tuchschwarz, in den späteren mit unserem stets gebrauchten Weiß überzogen war. In einem variablen Abstande b von dem Episkotister sitzt die Vp. Die Dimensionen des Episkotisters resp. seines radialen Ausschnitts sind so groß genommen, daß die Vp. bei allen überhaupt in den Versuchen zur Verwendung gekommenen Größen von a und b sowohl monokular als auch binokular durch den oberen Rand des Episkotisters die Scheibe B_2 mit ihrem Hintergrund sowie den diesem benachbarten Objekten des Zimmers erblicken kann.[1] Die Vp., welche in der Mitte vor den beiden Scheiben B_1 und B_2 sitzt, legt sich bei der Betrachtung derselben etwas nach links oder nach rechts und vergleicht sie so sukzessiv. Der Hintergrund H_1 wird in allen Versuchen, die mit einer bestimmten Öffnung des Episkotisters angestellt werden, k o n s t a n t gehalten und so eingestellt, daß von ihm ebensoviel Licht in das Auge gelangt wie von der Umgebung von B_2. Die Lichtmenge, die von dieser Umgebung ins Auge des Beobachters gesandt wird, bestimmt sich nach der Reflexionsfähigkeit des Papieres, auf dem B_2 aufliegt, sowie nach der Episkotisteröffnung und der Reflexionsfähigkeit des Episkotisterüberzugs selbst. Das Papier, das B_2 als Hintergrund diente, war dunkelgrau; in den ersten Versuchen, die wir anstellten, war der

---

samkeit eine gleiche I n t o l e r a n z des Überschauens gegenüber wirklich und scheinbar großen räumlichen Gebilden besitzt (s. JAENSCH I, z. B. S. 94 ff.).

[1] Zur Bewegung der relativ großen Episkotisterscheiben verwendete ich einen von der Firma SPINDLER & HOYER gelieferten elektrischen Farbenkreisel, der mir überhaupt wegen seiner Stärke und Handlichkeit gute Dienste leistete. In dem von H. RUPP verfaßten Katalog dieser Firma ist er unter Nr. 94 angegeben.

Episkotister mit Tuchschwarz überzogen und hatte eine Öffnung von 10°. Auf dem Wege der Berechnung ergab sich für die Umgebung von B_2 ein Helligkeitswert von ca. 9° unseres Weiß. Für den Hintergrund von B_1 wählte ich darum eine gleich große Helligkeit. Es ist eine Fehlerquelle von untergeordneter Bedeutung, daß der Episkotister bei Parallelverschiebung im Versuchszimmer (Veränderung von a) durch die verschiedene Lage zu den 3 Fenstern seine Lichtstärke etwas ändert. Ich habe sie dadurch unschädlich zu machen versucht, daß ich den Episkotister nach der Verschiebung in zweckentsprechender Weise drehte und dadurch mehr oder weniger Licht von ihm reflektieren ließ. Bei allen Variationen der Entfernungen a und b wurden die einmal gewählten Einstellungen der Hintergründe beibehalten, da ersichtlich die Verhältnisse der Lichtaussendung der Umgebungen von B_1 und B_2 von der Wahl jener Entfernungen nahezu unabhängig sind. Ein Wechsel in der Raumlage des Episkotisters wäre natürlich erwünscht gewesen, war aber bei unserm Bestreben, zunächst einmal die qualitative Seite der Sache zu erfassen, nicht unumgänglich notwendig und hätte auch die an und für sich schon große Zahl der Versuche auf das Doppelte ansteigen lassen.

Versuche von orientierendem Charakter im Freien.[1] In den Räumen des Instituts stand mir, selbst wenn ich ein zweites an das Versuchstimmer angrenzendes Zimmer hinzunahm, für (a + b), die Entfernung der Vp. von B_2, eine Entfernung von höchstens 8 m zur Verfügung. Um mit noch größeren Entfernungen arbeiten zu können, verlegte ich den Schauplatz orientierender Versuche auf den Hof des Instituts. B_2 ist gleich 360° W genommen. Der mit Tuchschwarz überzogene Episkotister hat eine Öffnung von 10° (ES 10°). Die Entfernung a beträgt 50 cm. Nur b wird variiert, indem sich der Beobachter aus einer Entfernung von etwa 16 m bis auf 0,75 m schnell an den Episkotister heranbewegt. Die Vp. erhält zunächst die Instruktion, auf die Änderung des farbigen Eindrucks, den sie von B_2 bei binokularer Betrachtung erhält, zu achten und diese zu Protokoll zu geben. Folgendes ergibt die Beobachtung. Aus einer Entfernung von 16 m sieht man die Scheibe B_2 in einer bestimmten Helligkeit, welche diejenige ihrer Umgebung nur um weniges übertrifft. Wenn man sich der

[1] Bei diesen Versuchen erhielt die Scheibe B_1 die gleiche Richtung wie B_2.

Scheibe B_2 beträchtlich nähert, ändert sich zunächst weder ihr farbiger Eindruck noch ihre Lokalisation. Sie wird annähernd in der Ebene des Episkotisters gesehen, der selbst noch durchaus nichts von Durchsichtigkeit besitzt, sondern mit einer Oberflächenfarbe erscheint. Kommt man sehr nahe heran, so tritt eine ziemlich schnelle Änderung des Eindrucks ein. B_2 rückt nun hinter die Ebene des Episkotisters. Man sieht durch die Episkotisterscheibe, die in ihrem der Scheibe B_2 vorgelagerten Teile grau erscheint, hindurch auf die Scheibe B_2, die dabei ganz beträchtlich an Helligkeit gewonnen hat. Bei fortgesetzter Annäherung geht die Aufhellung der Scheibe B_2 weiter, bis sie bei einer Entfernung von ungefähr 0,75 m in einer Qualität erscheint, die dem weißen Ende der S-W-Reihe recht nahe steht.[1] Bei der Erfassung der farbigen Qualität der Scheibe B_2 durch das vorgelagerte Grau des Episkotisters hindurch fühlt man sich bei kleinem b in ähnlicher Weise a k t i v wie bei den oben (S. 167) angeführten Beobachtungen, während sich die Vp. bei größerer Entfernung dem Farbeneindruck von B_2 gegenüber genau so verhält wie gegenüber beliebigen normal beleuchteten Oberflächenfarben.

Es läßt sich nicht leugnen, daß bei Versuchen, die man bei diffusem Tageslicht ausführen will, der Beleuchtung, die in einem offenen Hofe bei gleichmäßig bewölktem Himmel herrscht, wegen der gleichmäßigen Lichtverteilung der Vorzug zu geben ist vor der Beleuchtung, die in einem abgeschlossenen Raum herrscht. Auf Grund meiner Erfahrungen kann ich, wo es nur möglich ist, ein Arbeiten im Freien sehr empfehlen. Die Verhältnisse der Beleuchtung sind denen in photographischen Ateliers mit Oberlicht ähnlich. Was meine Versuche anbetrifft, so mußte ich im Hinblick auf die Mühseligkeit, die die Durchführ unglängerer Versuchsreihen mit einem Handbetrieb für den Farbenkreisel bereitet hätte, darauf verzichten, sie insgesamt im Freien durchzuführen. Ich stellte darum von den Versuchen mit b = 16 bis 6 m, über die ich zunächst berichte, nur verhältnismäßig wenige an und führte die Versuche mit kleineren Entfernungen in größerer Anzahl im Zimmer durch.

Es lag mir daran, bei den Versuchen im Hof die Grenzen zu ermitteln, innerhalb deren b bei fester Größe des Episkotisterausschnittes variiert werden kann, ohne daß der Helligkeitsein-

---

[1] Wird ein Objekt durch ein anderes gesehen, so tritt nach HERING (HERING I, S. 161) stets eine Mischung ihrer Farben ein, während ihre Konturen erhalten bleiben. Aus den hier angeführten und noch anzuführenden Versuchen ersieht man, daß dies nicht mit Allgemeinheit zutrifft.

druck der Scheibe B_2 eine Änderung erfährt. Den angegebenen Werten liegen je vier Einstellungen zugrunde, die nach der Grenzmethode gewonnen worden sind.

Vp. Fräulein HEINE (J). a = 25 cm.

Für b = 16 m hat Scheibe B_1, damit sie gleich hell wie B_2 erscheint, eine Einstellung von 20,7° W [1] zu erhalten. Diese Einstellung wird anerkannt bis für b = 6 m.

Vp. Herr Dr. KATZ (E). a = 50 cm.

Für b = 16 m hat Scheibe B_1, damit sie gleich hell wie B_2 erscheint, eine Einstellung von 17,8° W [1] zu erhalten. Diese Einstellung wird anerkannt bis für b = 10 m.

Wir dürfen natürlich annehmen, daß beide Beobachter die für b = 16 m gegebene Einstellung auch noch bei größerem b anerkannt haben würden. Unter Berücksichtigung der Lichtemission von B_2, der Größe der Episkotisteröffnung sowie der Lichtstärke des Episkotisterüberzugs ergibt sich für die Netzhautstelle, auf der sich B_2 abbildet, eine Reizstärke von 15,8° W.[2] Die Differenzen zwischen diesem Wert und den eben erhaltenen Einstellungen von B_1 betragen für Vp. J 20,7° W—15,8° W = 4,9° W, für Vp. E 17,8° W—15,8° W = 2° W. Sie sind also in beiden Fällen unbeträchtlich. Die verbliebenen Differenzen dürften ihren Ursprung Zufälligkeiten der Beobachtung verdanken. Daß die Anerkennung der für b = 16 m eingestellten Gleichung für Vp. E bei größerem b aufhört als für Vp. J, erklärt sich in ungezwungener Weise aus der Differenz für a, indem sich später zeigen wird, daß B_2 unter sonst gleichen Umständen um so heller erscheint, je größer innerhalb gewisser Grenzen a ist. Der Ausfall dieser Versuche, welche mit noch anderen Beobachtern (Dr. RÉVÉSZ, W. KATZ, K. SCHAPER) in geringerer Zahl angestellt wurden, läßt sich in folgende Worte fassen: Eine Reizkombination aus einem rotierenden Episkotister und einer ruhenden Scheibe von der vorstehend verwendeten Art ändert bei kleinem konstant gehaltenen a den durch sie ausgelösten Helligkeitseindruck nicht, wenn man sich ihr aus sehr großer Entfernung beträchtlich annähert und erscheint annähernd so hell wie eine normal beleuchtete Oberflächenfarbe von physikalisch gleicher Lichtstärke.

---

[1] Unter Berücksichtigung der W-Valenz des Tuchschwarz.

[2] Dabei ist 1° unseres Weiß als Einheit der Reizstärke anzusehen.

Versuche im Zimmer. ES 10°. Variation von a und b. n = 4.

Vp. Herr Dr. OHMS (N).

	Monokulare Betrachtung			Binokulare Betrachtung	
b m	a = 20 cm	b m	a = 150 cm	b m	a = 150 cm
7	B_1 = 26,3° W [1]	7	B_1 = 30,6° W	7	B_1 = 31,4° W
6	35° „	6	31° „	6	35,8° „
5	34,8° „	5	39,5° „	5	36,8° „
4	35,1° „	4	38,4° „	4	45,8° „
3	57,6° „	3	50,4° „	3	54,2° „
2	79° „	2	79,8° „	2	78,2° „
1,5	78,3° „	1,5	88,1° „	1,5	83,9 „
1	81,3° „	1	94,3° „	1	101,8° „
0,5 [2]	83,4° „	0,5	107,3° „	0,5	130° „

Vp. Herr DREHER (Dr).

	Monokulare Betrachtung			Binokulare Betrachtung	
b m	a = 20 cm	b m	a = 150 cm	b m	a = 150 cm
7	B_1 = 25,5° W	7	B_1 = 31° W	7	B_1 = 33,3° W
6	31,1° „	6	38,3° „	6	38° „
5	29,8° „	5	41,4° „	5	44,4° „
4	32,5° „	4	41,4° „	4	48,6° „
3	39,9° „	3	51,2° „	3	52,6° „
2	53° „	2	57,8° „	2	58,4° „
1,5	64,2° „	1,5	60,3° „	1,5	72,9° „
1	72,5° „	1	79,5° „	1	76,9° „
0,5	81,1° „	0,5	92° „	0,5	95,3° „

Vp. Herr Dr. KATZ (E).

	Monokulare Betrachtung			Binokulare Betrachtung	
b m	a = 20 cm	b m	a = 200 cm	b m	a = 200 cm
7	B_1 = 27,2° W	7	B_1 = 30,6° W	7	B_1 = 30,6° W
6	27,5° „	6	29,1° „	6	32,5° „
5	28,9° „	5	33,3° „	5	36,5° „
4	32,3° „	4	35,8° „	4	44,1° „
3	38,8° „	3	45,1° „	3	52,7° „
2	43,3° „	2	61° „	2	65° „
1,5	50,8° „	1,5	69° „	1,5	76,3° „
1	53,7° „	1	86,7° „	1	94° „
0,5	67,8° „	0,5	99° „	0,5	108,2° „

[1] Die W-Valenz des Tuchschwarz ist in allen Werten berücksichtigt.
[2] Bei noch kleinerem b findet eine weitere Aufhellung von B_1 statt.

Um einen leichten Überblick über die erhaltenen Werte zu ermöglichen, habe ich die graphische Darstellung herangezogen (s. die Kurven x, y, z in den Fig. 22, 23, 24). Als Abszissen sind die verschiedenen Werte von b aufgetragen, als Ordinaten die für diese verschiedenen Werte gefundenen W-Werte der Scheibe B_1. Die erhaltenen Mittelwerte verraten zwar — und das kommt auch in den Kurven zum Ausdruck — wegen des kleinen n noch eine gewisse Unausgeglichenheit zufälliger Fehler der Beobachtung, doch läßt sich ein gesetzmäßiger Gang der Resultate nicht verkennen.

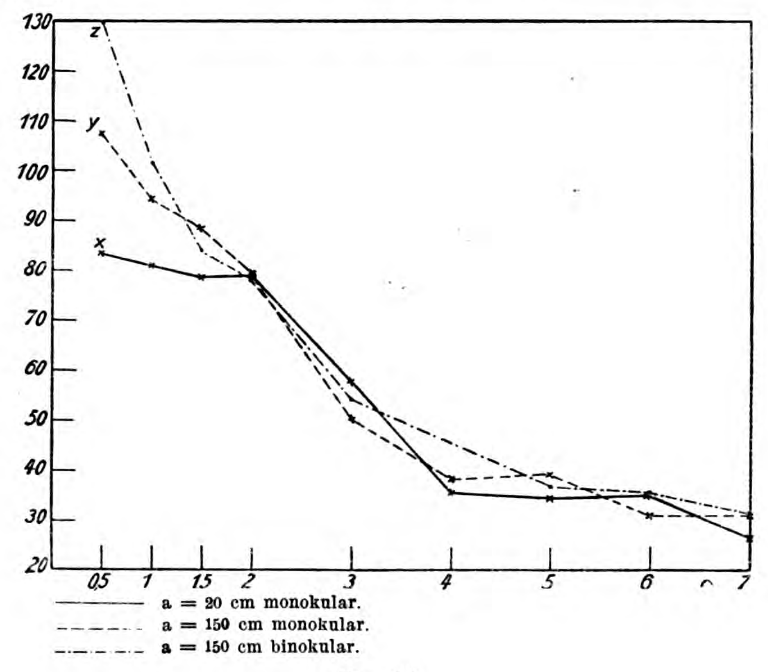


Fig. 22.

D i s k u s s i o n d e r K u r v e x. Kurve x läuft für größeres b der x-Achse nahezu parallel oder steigt ganz wenig an. Bei b = 4 beginnt sie stark zu steigen und behält für Vp. E und Vp. Dr dieses Verhalten bis für b=0,5b ei, während für Vp. N die letzten Werte wieder eine geringere Steigung aufweisen. Folgender Sachverhalt findet

---

Die Versuche lassen sich aber für so kleine Werte von b nicht einwandfrei durchführen, da durch den Körper des Beobachters dem Episkotister bereits Licht entzogen wird.

hierin seinen Ausdruck: Bei einer Entfernung von 7 m erscheint B_2 durch den Episkotister hindurch in einer bestimmten Hellig-

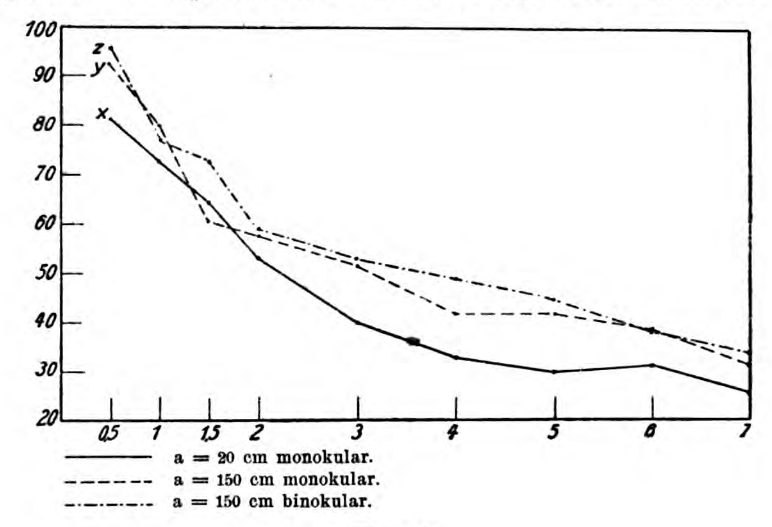


Fig. 23.

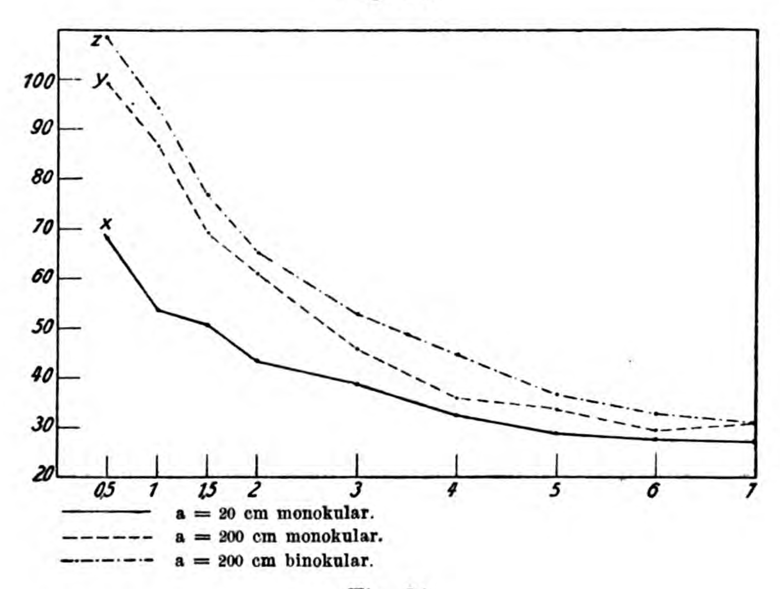


Fig. 24.

keit, die bei Annäherung zunächst eine kleine Steigerung erfährt. Von einer Entfernung von etwa 4 m an nimmt die Helligkeit der

Scheibe B_2 ganz beträchtlich zu und zwar für Vp. E und Vp. Dr ununterbrochen, für Vp. N späterhin langsamer.

Diskussion der Kurve y. Kurve y gewährt nahezu dieselben Steigungsverhältnisse wie die Kurve x. Im allgemeinen sind die für sie ermittelten Ordinatenwerte größer als die der Kurve x. Für Vp. E gilt dies ausnahmslos, für Vp. Dr bis auf einen Wert, für Vp. N mit Entschiedenheit von b = 2 m an. Die psychologische Ausdeutung der Kurve y ergibt: Ist bei gleichbleibenden Werten von b die Entfernung a größer, so erscheint B_2 im allgemeinen schon aus größerer Entfernung etwas heller als bei kleinerem a; diese Helligkeitsdifferenz tritt aber erst bei kleinem b mit Deutlichkeit heraus. Da die Versuchsbedingungen, unter denen die Kurven x und y entstanden sind, bis auf die Verschiedenheit von a vollkommen gleich waren, so sind wir sicher, daß die in den Kurven zum Ausdruck kommenden Differenzen nur auf das verschiedene a zurückzuführen sind. Es wird hieraus auch verständlich, daß für Vp. E der Verlauf von y oberhalb von x am deutlichsten zum Ausdruck kommt, da für diese Vp. das a der Kurve y 200 cm statt wie für die Vpen Dr und N 150 cm betrug.

So wie bei den Versuchen im Hof nehmen wir natürlich auch hier an, daß es B_2 resp. die Reizkombination $(E + B_2)$ ist, deren Helligkeitseindruck bei Variation von b diejenigen Änderungen erfährt, die in den erhaltenen Einstellungen zum Ausdruck kommen. Wenn B_1 bei Änderung von b überhaupt eine Helligkeitsänderung erfährt, so ist sie von ganz anderer (niedrigerer) Größenordnung.[1] Wir haben aus unseren Versuchen im Hof den Satz abgeleitet, daß bei großem b die Reizstärke der Kombination $(E + B_2)$ in ihrer Wirkung annähernd äquivalent ist einem Lichtreiz von physikalisch gleicher Stärke, der den Eindruck einer normal beleuchteten Oberflächenfarbe auslöst. Als Reizwert von $(E + B_2)$ ergibt sich für die Versuche im Zimmer derselbe Wert wie für die Versuche im Hof, nämlich $15{,}8^0$ W. Dabei ist hier als Einheit der Lichtstärke die des von uns verwandten weißen Papieres bei der Zimmerbeleuchtung zugrunde gelegt so wie bei den Versuchen im Hof die desselben weißen Papieres bei der im Hof herrschenden Beleuchtung. Da die Beleuchtungsstärke im Hof viel höher als die im Zimmer ist, so ist natürlich die Lichtstärke von

---

[1] Vgl. hierzu S. 99.

($E + B_2$) im Hof absolut genommen viel höher als im Zimmer. Da es aber nur auf den Helligkeitsvergleich zwischen B_1 einerseits ($E + B_2$) andererseits ankommt und auf beiden Seiten im Hof sowohl wie im Zimmer das gleiche weiße Papier Verwendung findet (dieselbe Betrachtung ist für das schwarze Papier anzustellen), dürfen wir für ($E + B_2$) im Hof und im Zimmer den gleichen Wert in Rechnung setzen. Stellen wir diesen Wert 15,8° W den drei Werten, die wir für a = 20 cm, b = 7 m erhalten haben, gegenüber (26,3°, 25,5°, 27,2° W), so zeigt sich, daß die Differenzen, die sich hierbei ergeben, nicht beträchtlich sind. Vergleichen wir den Wert 15,8° mit allen, die wir für die verschiedenen Werte von b bei monokularer Betrachtung erhalten haben, so ergeben sich als Quotienten (Q), welche die Aufhellung der Reizkombination ($E + B_2$) bei Annäherung charakterisieren, folgende Werte.

b = m	7	6	5	4	3	2	1,5	1	0,5
a = 20 cm Vp. N	1,7	2,2	2,2	2,2	3,6	5,0	5,0	5,1	5,3
a = 20 cm Vp. Dr	1,6	2,0	1,9	2,0	2,5	3,4	4,1	4,6	5,1
a = 20 cm Vp. E	1,7	1,7	1,8	2,0	2,5	2,7	3,2	3,4	4,3

b = m	7	6	5	4	3	2	1,5	1	0,5
a = 150 cm Vp. N	2,0	2,0	2,5	2,4	3,2	5,1	5,6	6,0	6,8
a = 150 cm Vp. Dr	2,0	2,4	2,6	2,6	3,2	3,7	3,8	5,0	5,8
a = 200 cm Vp. E	2,0	1,8	2,1	2,3	2,9	3,9	4,4	5,5	6,3

Da die für ($E + B_2$) eintretende Aufhellung, die bei Annäherung stattfindet, nur zu einem minimalen Teil durch periphere Verhältnisse (Wechselwirkung der Sehfeldelemente) erklärt werden kann, so bleibt uns nichts weiter übrig, als sie im wesentlichen zentral bedingt anzusehen. Wir wollen auch hier von einer Aufhellung der Scheibe B_2 durch zentrale Faktoren sprechen. Die zentralen Faktoren bewirken demnach bei größerem b eine sehr schwache, bei kleinem b eine ganz beträchtliche Aufhellung. Man bedenke, daß für b = 0,5 m diese Aufhellung bei Vp. E nahezu das Fünffache und bei Vp. N und Vp. Dr mehr als dieses beträgt. Daß bei Annäherung an B_2 z e n t r a l e Faktoren das Sehen in höherem Grade beeinflussen, wird in Anbetracht unserer im § 15 gegebenen Ausführungen auch aus einer Betrachtung der individuellen Differenzen wahrscheinlich. Für b = 7 m sind nahezu gleiche Einstellungen von allen drei Beobachtern erzielt worden; die individuellen Differenzen bleiben auch für die nächsten

Entfernungen noch unbedeutend und sind erst für kleine b-Werte (2—0,5 m) als beträchtlich zu bezeichnen.

Wir stellen hier die von den Vpen angegebenen Beobachtungen zusammen, soweit sie das bei den Versuchen im Hof Gesagte zu ergänzen vermögen. Bei Betrachtung aus großer Entfernung sieht man B_2 als dunkelgraue Oberflächenfarbe, die ungefähr in die Ebene des Episkotisters lokalisiert wird. Bei kleinerem b hellt sich B_2 auf und rückt hinter die Episkotisterscheibe, die wie ein dunklerer Schleier oder Nebel von mehr oder weniger ausgeprägter Raumhaftigkeit B_2 vorgelagert ist. Nun kann man aber nicht sagen, daß bei kleinem b dieser Schleier genau in der Ebene der Episkotisterscheibe liegt. Vielmehr liegt der Schleier beträchtlich näher nach der durch ihn gesehenen Scheibe B_2. Da derjenige Teil der Episkotisterscheibe, der als Schleier aufgefaßt wird und der übrige undurchsichtige Teil als zusammenhängend erfaßt werden, so sollte man glauben, daß sich der Eindruck eines sich nach hinten erstreckenden Hohlkörpers einstellen müsse. Eine dahinzielende Angabe wurde aber von den Beobachtern nicht spontan gemacht. Wie weit das Wissen um den flächenhaften Charakter der Episkotisterscheibe das Zustandekommen dieses Eindrucks verhindert hat, vermag ich nicht zu sagen. Doch stellte sich in entsprechenden Versuchen mit buntfarbigen Episkotistern ein solcher Eindruck zuweilen mit höchster illusorischer Stärke ein. Wir kommen auf diese Erscheinung noch zurück (S. 340).

Scheibe B_2 erscheint durch den grauen Schleier hindurch als Weiß oder Hellgrau von geringer Eindringlichkeit. Wir hatten bei den Versuchen über Lichtperspektive und über die Herabsetzung der Beleuchtungsintensität durch einen Episkotister gefunden, daß unter gewissen Umständen in den tonfreien Farben eine schwarze und eine weiße Komponente abstraktiv erfaßt werden konnte. Man kann auch bei den vorliegenden Versuchen zwei Komponenten in dem durch $(E + B_2)$ ausgelösten Farbeneindruck unterscheiden. Nur ist bei ihm die dunklere Komponente räumlich v o r der helleren lokalisiert. Wir weisen hier noch ausdrücklich auf die Tendenz der Oberflächenfarbe von B_2 hin, den Schleier (die durchscheinende Farbe) ihr selbst anzunähern. Diese Tendenz läßt sich ganz allgemein konstatieren, wenn man Oberflächenfarben durch durchsichtige oder durchscheinende Farben betrachtet. Die ebenso allgemeine Tendenz, die von Oberflächenfarben ausgeht, die Richtung von Flächenfarben, durch die man sie erblickt, ihrer e i g e -

nen Richtung anzupassen, erwähnten wir schon früher (S. 18). Dreht man bei den vorliegenden Versuchen den Episkotister aus der zur Scheibe B_2 parallelen Richtung heraus, so erscheint der graue Schleier, welcher B_2 vorgelagert ist, doch annähernd in paralleler Orientierung zu B_2 selbst. Der Eindruck durch einen bestimmten Gegenstand hindurch auf einen anderen zu blicken, scheint bei den mit dem Rauchglas und der Gelatine ausgeführten Beobachtungen speziell dadurch veranlaßt zu werden, daß sich die Einzelheiten der Objekte, auf die akkommodiert wird, scharf abbilden, während die Randkonturen der näher gelegenen durchsichtigen Medien eine Abbildung in Zerstreuungskreisen erfahren. Arbeitet man, wie in unseren letzten Versuchen, mit durchscheinenden statt mit durchsichtigen Medien, also z. B. mit lichtaussendenden Episkotistern statt mit den wesentlich lichtabsorbierenden Rauchgläsern oder Gelatineplatten, so kann die Abbildung des vorgelagerten Objektes in Zerstreuungskreisen in höherem Grade zum Eindruck eben dieses Vorgelagertseins beitragen. Die von uns verwandten durchscheinenden Episkotister zeigen nämlich auch bei Rotation so etwas wie eine Struktur (die von der Körnung des Episkotisterüberzugs herrührt), was der glatten Fläche des Rauchglases oder der Gelatine völlig fehlt. Die Deutlichkeit der Netzhautbilder von B_2 und E ändert sich in gesetzmäßiger Weise mit der Änderung von a und b, sodaß hiervon auch die Deutlichkeit des Eindrucks der Durchsichtigkeit abhängen kann. Die Deutlichkeit dieses Eindrucks der Durchsichtigkeit könnte neben der Wirkung des Feldgrößensatzes I. Ordnung, als dessen numerischen Ausdruck wir unsere vorstehenden Versuche in erster Linie betrachten, an dem Zustandekommen dieser numerischen Resultate einen Anteil haben.

Es ist zu überlegen, wie die dem Einauge zur Verfügung stehenden raumperzipierenden Fähigkeiten durch Änderung der Größen a und b zu einer Trennung der Bilder von B_2 und E und damit zu einer Erkennung deren wirklicher Lokalisationsverhältnisse angeregt werden. Wir lassen es dahingestellt, ob Akkommodations- und Konvergenzempfindungen bei der Erfassung der dritten Dimension des einäugigen (und dann auch zweiäugigen) Gesichtsfeldes eine Bedeutung zuzusprechen ist.[1] Wir halten uns

[1] Es ist nicht schwer zu erkennen, in welcher Weise die hier folgenden Ausführungen zu ergänzen sind für den Fall, daß den Akkommodations-

an die in ihrer Bedeutung für die Lokalisation nach der Tiefe allgemein anerkannten Faktoren der Deutlichkeit der Netzhautbilder sowie der gegenseitigen Verdeckung der Objekte. Diese beiden Faktoren müssen bei unseren Versuchen zur Erkennung des Lageunterschiedes von E und B_2 mitwirken. Zunächst läßt sich erweisen, daß die Kenntnis von der wirklichen Lage der Objekte zueinander allein (soweit sie durch die Wahrnehmung der Verdeckungsverhältnisse ermöglicht wird) für die Aufspaltung des durch $(E+B_2)$ bedingten Farbeneindrucks in die beiden Komponenten der durchscheinenden und der durch sie gesehenen Farbe nicht hinreicht. Auch bei großem b konnte der Beobachter sowohl bei den Versuchen im Hof wie im Zimmer aus den Verdeckungsverhältnissen die wirkliche Lagerung von B_2 hinter E erkennen, ja konnte nach der ganzen Anordnung die Entfernung zwischen E und B_2 schätzungsweise ermitteln. Trotzdem blieb die „Aufspaltung" in zwei räumlich getrennte Farbenportionen ganz aus. Wir fragen also, welche Bedeutung der verschiedenen Deutlichkeit der Netzhautbilder von E und B_2 bei der Erklärung unserer Versuchsergebnisse zukommt.

J. Czermak hat in seinen physiologischen Studien[1] den Begriff der Akkommodationslinie (jetzt meist als Bildtiefe[2] bezeichnet) eingeführt. Er befaßt darunter die Tatsache, daß, wenn das Auge auf einen Gegenstand von bestimmter Entfernung eingestellt ist, nicht allein dieser Gegenstand deutlich erscheint, sondern auch Gegenstände, die in einem gewissen Abstand vor und hinter demselben liegen. Ist das emmetropische Auge auf einen unendlich fernen Gegenstand eingestellt, so ergibt eine Annäherung des Gegenstandes bis auf 30 m eine eben merkliche Verundeutlichung seiner Konturen. „Bei Einstellung des Auges auf 100 cm reicht die Akkommodationslinie von 98,6 cm bis zu 103,5 cm, bei Einstellung auf 10 cm reicht sie von 9,967 cm bis 10,034 cm."[3] Wir müssen natürlich annehmen, daß, wenn bei unseren Versuchen eine verschiedene Deutlichkeit der auf der Netzhaut sich abbil-

---

und Konvergenzempfindungen die Bedeutung für die Erfassung der dritten Dimension zukommt, die ihnen vielfach zugeschrieben wird.

[1] Ber. der Kais. Akad. der Wiss. zu Wien. Bd. 12. Math.-nat. Kl. 1854.

[2] Vgl. Fr. Schenck in dem früher zitierten Handbuch d. Phsyiol. von Nagel, S. 80.

[3] Hess, S. 102.

denden Objekte E und B_2 eine Rolle spielt und deren Eindrücke auf Grund dieser verschiedenen Deutlichkeit mit Sicherheit getrennt werden sollen, ihre Abstände größer als die jeweilig zu berücksichtigende Bildtiefe sein müssen. Bei gleich scharfer Abbildung beider kann ihre Trennung nicht mit Sicherheit erfolgen.

Ist b groß, so befindet sich E vollständig innerhalb der bei Akkommodation auf B_2 in Betracht kommenden Bildtiefe. Nähert man sich bei konstant gehaltenem a und beständiger Akkommodation auf B_2, so rückt E mehr und mehr aus der Bildtiefe, die den verschiedenen Akkommodationszuständen zukommt, heraus; während B_2 sich ununterbrochen scharf abbildet, findet die Abbildung von E mehr und mehr in Zerstreuungskreisen statt. Wenn von einem gewissen b an die Durchsichtigkeit von E besonders deutlich wird, läßt sich dies aus dem Wesen der Bildtiefe verstehen, da bei gegebenem Akkommodationszustand (Akkommodation auf B_2) die Bildtiefe eine feste Größe ist, an deren Grenzen der Übergang zur undeutlichen Abbildung ziemlich abrupt erfolgt, sodaß bei kleiner werdendem b E unvermittelt aus der Bildtiefe herausrückt. Von dem Verhalten der Bildtiefe kann man sich leicht eine gute Anschauung verschaffen, wenn man (nach einem Vorschlag von Hess) einen dünnen Faden nahezu in der Sehrichtung eines Auges durch das Gesichtsfeld spannt. Man hat dann unmittelbar, wenn man den Fixierpunkt den Faden entlang wandern läßt, in dem jeweilig deutlich erscheinenden Teil des Fadens die Größe der entsprechenden Bildtiefe vor sich; man erkennt weiter, wie fast ohne Übergang der deutlich gesehene Teil des Fadens beiderseits von undeutlich gesehenen Teilen begrenzt wird. Ein Hinausrücken von E aus der Bildtiefe läßt sich nicht nur durch Verkleinerung von b bei konstant gehaltenem a, sondern auch durch Vergrößerung von a bei konstant gehaltenem b erzielen.

Wir müssen uns mit den vorstehenden Erwägungen begnügen. Eine sichere Entscheidung darüber, wie weit in unseren numerischen Resultaten, welche sich auf die Helligkeitsänderungen von B_2 beziehen, neben der Wirkung des Feldgrößensatzes I. Ordnung noch eine Wirkung der verschiedenen Deutlichkeitsgrade der Abbildungen von B_2 und E zu sehen ist, vermag ich einstweilen nicht zu geben. Jedenfalls halte ich letztere Wirkung nicht für beträchtlich. Der Eindruck der Durchsichtigkeit von E scheint allerdings in gesetzmäßiger Weise von den Verhältnissen der Bildtiefe abzuhängen.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß wir wegen der Beziehung, die zwischen den Änderungen der Bildtiefe und der Pupillenöffnung besteht, mit einer verschiedenen Deutlichkeit der Durchsichtigkeit von Farben bei verschiedenen absoluten Lichtstärken zu rechnen haben. „Die Größe der Akkommodationslinie ist ja dem Pupillendurchmesser umgekehrt proportional. Neben der Regulierung der in das Auge fallenden Lichtmenge ist die hier erwähnte (nämlich die Akkommodationslinie bei Akkommodation für die Nähe kleiner ausfallen zu lassen) wohl die wichtigste Funktion des Pupillenspiels.“ (Hess, S. 103).

Die Diskussion der Kurve z. Kurve z verläuft für Vp. E vollständig oberhalb der Kurve y, für Vp. N mit Entschiedenheit für die letzten Werte. Für Vp. Dr ist sie bis auf zwei Werte oberhalb der Kurve y gelegen. Stellen wir wieder die Quotienten (Q), welche die zentrale Aufhellung von B_2 charakterisieren, zusammen, so erhalten wir

b = m	7	6	5	4	3	2	1,5	1	0,5
a = 150 cm Vp. N	2,0	2,3	2,3	3,0	3,4	5,0	5,3	6,4	8,2
a = 150 cm Vp. Dr	2,1	2,4	2,8	3,1	3,3	3,7	4,6	4,9	6,0
a = 200 cm Vp. E	2,0	2,0	2,3	2,8	3,3	4,1	4,8	5,9	6,8

Hinsichtlich des Hervortretens der individuellen Differenzen mit kleiner werdendem b gilt dasselbe, was wir in Beziehung auf diesen Punkt von den beiden oben besprochenen Wertgruppen zu sagen hatten. Ein Vergleich mit den zur Kurve y gehörenden drei Wertreihen ergibt, daß im allgemeinen bei binokularer Betrachtung unter sonst gleichen Verhältnissen die zentrale Aufhellung der Scheibe B_2 von größerer Stärke ist als bei monokularer Betrachtung. Am deutlichsten tritt dies wieder bei kleinem b hervor.

Ich rechnete damit, daß die stärkere Aufhellung von B_2 bei den vorstehenden Versuchen durch den Umstand bedingt oder zum mindesten mitbedingt sei, daß bei binokularer Betrachtung eine zutreffendere Lokalisation von E und B_2 zueinander einsetzt. Größere Quotienten Q zeigen sich im allgemeinen verbunden mit der zutreffenden, binokularen Lokalisation. Eine reinliche Isolierung dieses Faktors der richtigeren Lokalisation von den anderen in den Versuchen wirksamen Faktoren ist, wie ich wohl nicht weiter auszuführen brauche, ohne Verwendung durchsichtiger oder durchscheinender Medien von beträchtlicher Flächengröße nicht durchzuführen; solche standen mir nicht zur Verfügung. Es ist aber schon aus dem Grunde nicht wahrscheinlich,

daß dem Faktor der zutreffenderen Lokalisation von E und B_2 eine größere Bedeutung zukommt, weil sonst stets in der Nähe des äußeren Randes des Episkotisters, wo das Vorgelagertsein und die Durchsichtigkeit des Episkotisters am deutlichsten sind, die von uns konstatierte Wirkung der zentralen Aufhellung des durch den Episkotister Gesehenen auch am deutlichsten hätte in die Erscheinung treten sollen. Tatsächlich ist die zentrale Aufhellung aber dort (auch wenn man etwa vorhandenen schädlichen Kontrast zurückdrängt) am geringsten, in mittleren Teilen der Episkotisterfläche am deutlichsten ausgeprägt. Die Annahme, daß die Aufhellung von B_2 bei binokularer Betrachtung infolge der zutreffenderen Lokalisation von E in bezug auf B_2 eintritt, erscheint überflüssig, weil auch in anderen Fällen, wo ein Erkennen eines Vorgelagertseins von Flächen nicht in Betracht kommt, das Doppelauge dem Einauge beim Wiedererkennen von Farben, die unter nicht-normalen Beleuchtungsverhältnissen stehen, überlegen ist. Ich erinnere hier an unsere Ausführungen im § 19. Ich verweise auch auf die oben (S. 312) mitgeteilte Beobachtung, daß die eigentlichen Farben von Gegenständen, die durch Nebel hindurchgesehen werden, bei binokularer Betrachtung stärker zur Geltung kommen. Ich neige hiernach mehr der Ansicht zu, daß wir es hier mit der bereits oben (S. 232) erwähnten Funktion des Doppelauges zu tun haben, uns in stärkerem Grade das Bewußtsein der Oberflächenfarben zu vermitteln. Je deutlicher die Oberflächenfarben ausgeprägt sind, um so mehr nähert sich die Berücksichtigung ihrer Beleuchtungsverhältnisse der idealen.

Wird, speziell bei kleinem b, der Kopf bewegt, oder findet eine Verschiebung des rotierenden Episkotisters im Gesichtsfeld statt, so erscheint die während der Bewegung fixierte Scheibe B_2 heller, als wie sie erscheint, wenn der Kopf ruht und der rotierende Episkotister nicht im Gesichtsfeld bewegt wird. Infolge der Bewegung erleidet der Episkotister eine Verschiebung auf der Netzhaut, welche den Grad der Deutlichkeit, mit der seine Abbildung erfolgt, herabsetzt. Hieraus erwächst der Deutlichkeit, mit der sich Scheibe B_2 auf der Netzhaut abbildet, ein Vorteil, was sich in der Beobachtung zu erkennen gibt. Es tritt mehr ihre Farbe mit dem Charakter der Oberflächenfarbe hervor; infolgedessen kann die Herabsetzung ihrer Beleuchtungsstärke eine stärkere Berücksichtigung erfahren. Die zutreffendere gegenseitige Lokalisation von E und B_2, die sich als Folge der Bewegung einstellt, mag in dem Maße, als man ihr überhaupt bei diesen Versuchen eine Bedeutung zuerkennen will, an der Aufhellung beteiligt sein.

Gemäß dem auf S. 333 nach Hess Zitierten muß die Verkleinerung der Pupillenöffnung, die beim Übergang von monokularer zu binokularer Betrachtung eintritt, die Durchsichtigkeit der Episkotisterfläche erhöhen,

Bei den folgenden Versuchen wurde die Episkotisterscheibe mit unserem hellsten Papier überzogen. Sie erhielt eine Öffnung von 36°, weil ich ungefähr eine solche Öffnung für die geplanten Versuche als vorteilhaft fand. B_2 ist eine Scheibe aus Tuchschwarz, die auf einem weißen Hintergrund aufliegt. Als Hintergrund H_2 ist ein weißes Papier gewählt worden, weil sich unter diesen Umständen die Scheibe B_2 am deutlichsten bei den zu beschreibenden Versuchen von ihm abhebt. Für Scheibe B_1 wurde wieder ein Hintergrund von retinal gleicher Wirksamkeit wie H_2 gewählt. Die Umgebung von B_1 hat nicht nur retinal gleiche Wirksamkeit wie die von B_2, sondern erscheint ihr auch subjektiv nahezu gleich. Schon oberflächliche Beobachtung ließ erkennen, daß Variation von a und von b sowie Wechsel zwischen monokularer und binokularer Betrachtung ganz entsprechende Änderungen für den durch die Reizkombination ($E + B_2$) bedingten Eindruck zur Folge haben, wie wir sie bei den vorhergehenden Versuchen konstatieren konnten. Ich beschränkte mich darum auf eine Größe von a sowie auf die (bequemere und die in Betracht kommenden Erscheinungen deutlicher zeigende) binokulare Betrachtung.

a = 20 cm. n = 4.

Herr Dr. Katz			Herr Dr. v. Sybel		
b = 7	m	B_2 = 296,5° W [1]	b = 7	m	B_2 = 308,2° W
5	„	287,2° „	5	„	288,4° „
3	„	267° „	3	„	266,1° „
2	„	253,1° „	2	„	249° „
1,5	„	231,7° „	1,5	„	239,6° „
1	„	213° „	1	„	226,5° „
0,5	„	195,3° „	0,5	„	222,9° „

Wir haben wieder den Gang der Resultate in zwei Kurven dargestellt (s. Fig. 25). Sie nehmen für beide Beobachter einen ähnlichen Gang. Die Werte lassen für kleines b auch hier größere individuelle Differenzen erkennen als für größeres b, was wie in den früheren Versuchen auf eine stärkere Beteiligung zentraler Faktoren bei kleinerem b schließen läßt. Unter Berücksichtigung der Reflexionsfähigkeit des Überzugs des Episkotisters, der Größe seiner Öffnung sowie der Reflexionsfähigkeit von B_2 ergibt sich für die Netzhautstelle, auf der sich B_2 abbildet, eine Reizung, die gleich 324,5° W zu setzen ist. Da das Charakteristische

[1] In den angeführten Werten fand eine Berücksichtigung der W-Valenz des Tuchschwarz statt.

bei diesen Versuchen in der Verdunklung zu sehen ist, welche die Scheibe B_2 bei kleiner werdendem b erfährt, so wollen wir hier

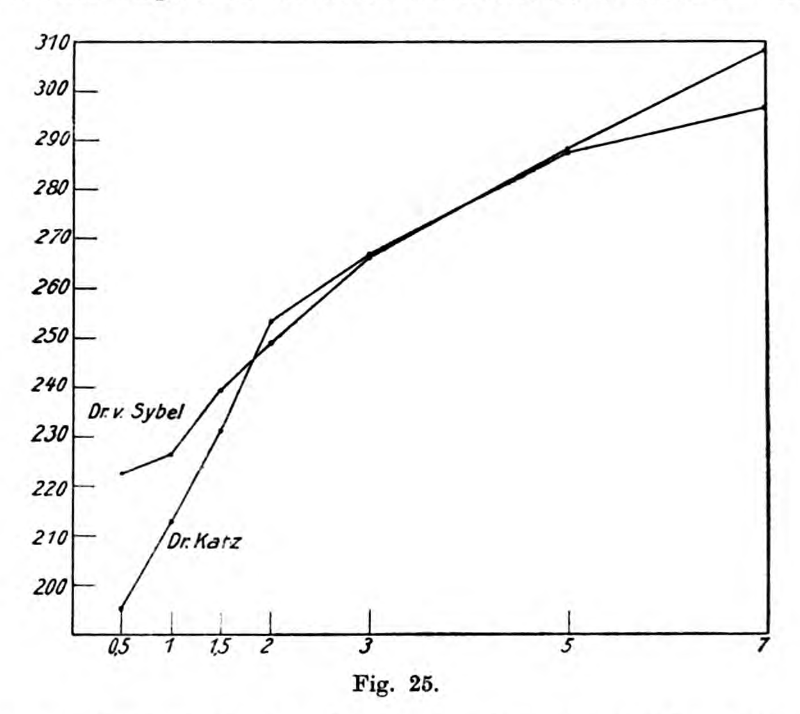


Fig. 25.

von einer Verdunklung des Farbeneindrucks durch zentrale Faktoren sprechen. Wir erhalten als Quotienten, welche die Verdunklung von $(E + B_2)$ bei kleiner werdendem b zum Ausdruck bringen, folgende Werte.

b = m	7	5	3	2	1,5	1	0,5
Dr. Katz	0,91 [2]	0,89 [2]	0,82	0,78	0,71	0,66	0,60
Dr. v. Sybel . . .	0,95	0,89	0,82	0,77	0,74	0,70	0,69

Es braucht kaum gesagt zu werden, daß es auch hier die Reizkombination $(E + B_2)$ ist, deren Eindruck sich mit wechselndem b ändert. Für b = 7 m scheinen bei diesen Versuchen bereits zentrale Faktoren in gewissem Grade wirksam zu sein und eine kleine Verdunklung für B_2 herbeizuführen. Anderenfalls hätte

[2] Diese Werte sind hervorgegangen aus $\frac{296,5}{324,5}$, $\frac{287,2}{324,5}$ usw.

sich für die beiden Quotienten bei b = 7 m der Wert 1 ergeben müssen. Für b > 7 m dürften die Kurven allmählich in eine zur X-achse parallele Richtung einbiegen.

Gewisse charakteristische Züge von Beobachtungen mit durchscheinenden Farben treten bei Verwendung eines Episkotisters mit weißem Überzug deutlicher zutage als bei Verwendung eines schwarzen Episkotisters. Einige die früheren ergänzenden Beobachtungen führe ich hier an. Das innere Verhalten, welches man bei der Erfassung der Farbe von B_1 beobachtet, ist für deren Eindruck ganz belanglos. Bei einer Akommodation auf B_1 wird man überhaupt gar nicht der Möglichkeit inne, sich ihr gegenüber verschieden zu verhalten. Anders steht es mit dem farbigen Eindruck der Scheibe B_2. Man kann sich ihrem Eindruck p a s s i v hingeben oder man kann sich ihr gegenüber a k t i v verhalten. Es ist nicht ganz leicht zu sagen, worin das aktive Verhalten besteht. Am ehesten kann es noch so ausgedrückt werden, daß man sich innerlich zum Bewußtsein bringt: B_2 und seine Umgebung liegen hinter dem Episkotister und sind durch den weißlichen Schleier hindurch zu erfassen. In diesem Falle verschiebt sich die Qualität von B_2 nach Schwarz hin. Bei kleinem b waltet die Neigung zum aktiven Verhalten vor, während es bei größerem b erst durch Aufwendung einer gewissen Energie erzielt wird. Herr Dr. v. Sybel und ich haben versucht, uns für alle Größen von b dem Eindruck von B_2 möglichst passiv hinzugeben. Die Verdunklungen von B_2 wären also bei einem aktiven Verhalten ohne Zweifel stärker gewesen. Wenn das „aktive" Verhalten unterlassen wurde, so geschah es hauptsächlich darum, weil eine konsequente Durchführung desselben größeren Schwierigkeiten begegnet als ein mehr passives Verhalten. Was die Lokalisation des durchscheinenden weißen Schleiers in bezug auf die Scheibe B_2 betrifft, so hat im wesentlichen das Geltung, was wir bei den obigen Versuchen (S. 329) über die Lokalisation des dunklen Schleiers sagen mußten. Nur nimmt die Farbe des der Scheibe B_2 vorgelagerten Teiles des Episkotisters noch mehr einen raumhaften Charakter an, sodaß man eher von einem durchscheinenden r a u m h a f t e n d e n n f l ä c h e n h a f t e n Weiß sprechen müßte. In der Nähe des Randes erscheint die Scheibe B_2 beträchtlich dunkler als in ihrer Mitte. Von dem Rande aus nimmt die Dunkelheit der Scheibe B_2 nach innen hin ab. Vor den dunkleren Konturen von B_2 ist das Vorgelagertsein der weißen Farbe weniger deutlich. Der

scharfe dunkle Rand der Scheibe B_2 rührt zweifelsohne von dem Simultankontrast der Scheibe zu ihrem Hintergrund her, der durch den als Flor wirkenden Episkotister zu stärkerer Geltung gelangt.

Bei kleinem b werden gelegentlich noch folgende sichere Beobachtungen gemacht. 1. Man kann entweder auf die Helligkeit der Scheibe B_2 als solche achten, oder man kann mehr sein Augenmerk darauf richten, wie groß die Helligkeitsdifferenz zwischen der Scheibe B_2 und der Unterlage ist, auf der sie ruht. Beobachtet man das letztere Verhalten, so erscheint B_2 heller; der farbige Eindruck wird also in diesem Falle in höherem Grade durch die retinalen Verhältnisse bestimmt, der zentrale Einfluß tritt dabei etwas zurück. Es war zu vermuten, daß bei Verwendung eines Episkostisters mit schwarzem Überzug und einer weißen Scheibe B_2 ein Achten auf die Helligkeitsdifferenz zwischen der Scheibe B_2 und ihrem Hintergrund die Scheibe B_2 dunkler erscheinen lassen würde gegenüber dem Fall, daß man auf die Helligkeit von B_2 selbst achtet. Diese Vermutung läßt sich durch die Beobachtung bestätigen. 2. Fixiert man einen seitlich von der Scheibe B_2 gelegenen Punkt, sodaß sie sich mehr peripher abbildet, so erscheint sie bei Verwendung des schwarzen Episkotisters (B_2 weiß) dunkler, bei Verwendung des weißen Episkotisters (B_2 schwarz) heller als bei fovealer Betrachtung. In beiden Fällen kommen die retinalen Faktoren zu größerem Einfluß auf die Farbenwahrnehmung. Dieses Resultat ist nach unseren Versuchen über das periphere Sehen, durch die sich ergeben hat, daß das Sehen mit der Netzhautperipherie weniger durch zentrale Faktoren beeinflußt wird, zu erwarten. 3. Akkommodiert man bei kleinem b anstatt auf B_2, wie es in den vorstehenden Versuchen geschah, auf den Episkotister selbst, indem man (monokular) einen Punkt des Episkotisters fixiert, der vor dem Mittelpunkt der Scheibe B_2 liegt, so wird der Eindruck von B_2 weniger durch zentrale Faktoren bestimmt.

Verwendung buntfarbiger Reizkombinationen. Bei den folgenden Versuchen wurden buntfarbige Episkotister und buntfarbige Oberflächenfarben miteinander kombiniert. Mit Ausnahme einiger Versuche mit beträchtlicher Variation von b, die wieder im Hofe des Instituts angestellt wurden, ließ ich die Größen a und b konstant. Ich orientierte die Versuchsanordnung, wie aus der nebenstehenden Skizze zu ersehen ist,

in anderer Weise zu den Fenstern des Versuchszimmers als bei Verwendung tonfreier Farben, damit die bunten Farben des

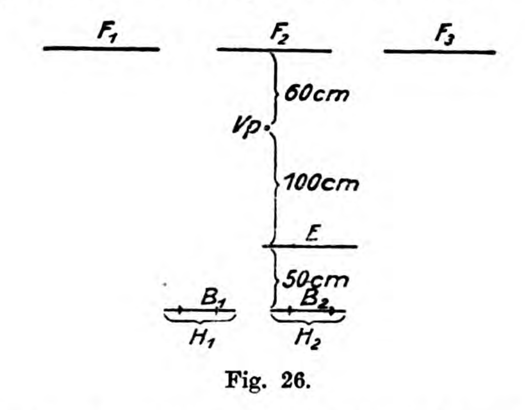


Fig. 26.

Episkotisters in angemessenen Sättigungsgraden erschienen. Als Episkotisterscheibe wird stets eine Pappscheibe mit einer Öffnung von 180° verwendet. Sie wird mit den verschiedenen zur Verwendung kommenden bunten Papieren überklebt. Die bunte Scheibe B_2 liegt auf einem grauen Hintergrund H_2 auf, der etwas dunkler als die Scheibe gehalten ist. Die verschiedenen Entfernungen der Scheiben und ihre Dimensionen sind so gewählt, daß die Vp. auch dann, wenn sie binokular durch den Episkotister hindurchsieht, Scheibe B_2 mit ihrem Hintergrund sowie den neben diesem erscheinenden Teilen des Zimmers überblicken kann. B_1 ist variabel und liegt auf dem variablen Hintergrund H_1. Letzterer wird so eingestellt, daß er von annähernd gleicher retinaler Wirksamkeit ist wie das von der Umgebung von B_2 die Netzhaut treffende Licht. Unter Verwendung eines gelochten Schirmes reduzieren wir die farbigen Eindrücke der Scheibe B_1 sowie der Kombination $(E+B_2)$ zu Flächenfarben. Stets läßt sich in diesem Falle eine vollständige Gleichung zwischen B_1 und der Kombination $(E + B_2)$ erzielen (Einstellung I). Zweitens wird eine Einstellung auf qualitative Gleichheit von B_1 und B_2 bei d i r e k t e r Betrachtung zu erreichen versucht (Einstellung II). Während Einstellung I als vollständige Gleichung anzusprechen ist, läßt sich eine solche bei Einstellung II nicht erzielen. Der Beobachter erhielt die Aufgabe, in erster Linie auf gleichen F a r b e n t o n und dann erst auf möglichste Ähnlichkeit hinsichtlich der Helligkeit und der Sättigung der beiden Scheiben zu achten. Bei Einstellung II

bereitete aber schon die Einstellung auf den gleichen Farbenton meist außerordentliche Schwierigkeiten. Nahmen doch manche der Einstellungen, die nach der Herstellungsmethode gewonnen wurden, über 15 Minuten Zeit in Anspruch! Die mitgeteilten wenigen Zahlenwerte bitte ich mehr als erläuternde Proben anzusehen. Eine genaue zahlenmäßige Untersuchung darüber, wie mit kleiner werdendem b oder größer werdendem a die Farbe von B_2 mehr zur Geltung kommt, die von E zurücktritt, war hier nicht geplant; die sonstigen zu Protokoll gegebenen Beobachtungen beanspruchen hier mehr das Interesse, auf sie zielte ich auch in erster Linie bei den Versuchen hin.

Beobachter waren die Herren Prof. Müller (Mü), Hofmann (P), Hering (He), Dr. Katz (E).

Ich beginne mit der Mitteilung der bei diesen Versuchen gemachten Beobachtungen. „Die Farbe von B_2 ist als „matter", „verschleierter", „feenhafter" zu bezeichnen. Wenn ich mir ein Ideal in einer Farbe vorstellen sollte, so würde ich als deren Erscheinungsweise die der Farbe von B_2 wählen. Sie ist ästhetisch wohlgefälliger." (Mü). „Die Farbe von B_1 scheint präzis in einer Ebene zu liegen wie die Farben farbiger Objekte im allgemeinen. Die Farbe der Scheibe B_2 besitzt eine Erscheinungsweise, wie man sie an farbigen Flächen beobachtet, die in einigen Hundert Meter Entfernung gesehen werden" (P). Die hier mitgeteilten Beobachtungen konnte ich bestätigen. Sehr wahrscheinlich ist die Erscheinungsweise der Farbe von Scheibe B_2 die Ursache dafür, daß B_2 deutlich in größerer Entfernung als B_1 erscheint. Hinsichtlich der Lokalisation der Episkotisterscheibe zu B_2 gilt, soweit im folgenden nicht noch näheres darüber mitgeteilt wird, dasjenige, was wir über deren Lokalisation bei tonfreien Episkotistern anführten. Mü hatte zuweilen den Eindruck, als sähe er B_2 in der Tiefe einer zylindrischen Tonne, deren Wände die Farbe des Episkotisters besäßen. Dieser Eindruck, der auch dann nicht ausblieb, als der Beobachter über seinen illusionären Charakter unterrichtet worden war, war zuerst so deutlich, daß sich Mü nach der Herstellung der „farbigen Tonne" erkundigte. Bei monokularer Betrachtung konnte ich diesen Eindruck auch gewinnen, nicht so bei binokularer Betrachtung. Die Täuschung, der Mü auch bei binokularer Betrachtung unterliegt, dürfte ihre Ursache darin haben, daß Mü zuweilen wegen einer Schwäche

des linken Auges die Erfassung der Verhältnisse der dritten Dimension weniger leicht gelingt.[1]

E Gelb 180°.[2] B_2 = 360° (rötliches) Blau.

Vp. Mü	Einstellung I: B_1 = 105°	Weiß 100°	Blau[3] 155°	Gelb[3]	
	„ II: B_1 = 178°	„ 137°	„ 45°	Rot	
Vp. P	„ I: B_1 = 33°	„ 107°	„ 220°	Gelb	
	„ II: B_1 = 100°	„ 105°	„ 155°	Gelb	

Gleichheit der Einstellungen I ist hier darum nicht zu erwarten, weil die Beobachtungen an verschiedenen Tagen angestellt wurden und die retinale Wirksamkeit der Kombination (E + B_2) in anderer Weise von einem Wechsel der Beleuchtungsstärke betroffen wird als die der Scheibe B_1. Wir entnehmen unseren Einstellungen, daß mit dem Überblick über die Kombination (E + B_2) der Einfluß der Farbe der Episkotisterfläche zurückgeht resp. die Farbe von B_2 stärkeren Einfluß gewinnt. Dasselbe geht aus den folgenden Einstellungen hervor.

E (rötliches) Blau 180°. B_2 = 360° Gelb.

Vp. Mü	Einstellung I: B_1 = 50°	Weiß 132°	Gelb 178°	Blau
	„ II: B_1 = 71°	„ 110°	„ 179°	„

E Rot 180°. B_2 = 360° Grün.

Vp. Mü	Einst. I: B_1 = 41°	Weiß 16°	Schwarz 61°	Gelb 242°	Rot	
	„ II: B_1 = 29°	„ 45°	„ 79°	„ 199°	„	8° Grün

E Gelb 180°. B_2 = 360° Grün.

Vp. Mü	Einstellung I: B_1 = 80°	Weiß 12°	Grün 268°	Gelb
	„ II: B_2 = 33°	„ 42°	„ 285°	„

---

[1] Vielleicht ist an der „Tonnenillusion" auch der über das Normale beträchtlich hinausgehende Farbenkontrast des Beobachters Mü nicht unbeteiligt, der dahin wirkt, daß der B_2 vorgelagerte Teil des Episkotisters sich schärfer von dessen übrigem Teil abhebt. Mü ist grünschwach, deuteranomal. Am NAGELschen Anomaloskop gibt er die Einstellung 38, während ich die Einstellung 51,8 gebe. Mit meiner Einstellung stimmen nahezu genau die Einstellungen der Vpn He und P überein. — Vielleicht hängt es mit der erwähnten Sehschwäche der Vp. Mü zusammen, daß sie auch duchsichtige Farben nicht mit Deutlichkeit wahrzunehmen vermag.

[2] Vgl. hierzu die Anmerkung auf S. 152.

[3] Von den hier verwendeten Farben Blau und Gelb müssen gleiche Teile auf dem Farbenkreisel gemischt werden, um weder gelblich noch bläulich zu erscheinen. Aus dieser Angabe vermag man zu entnehmen, welchen buntfarbigen Gesamteindruck die von mir mitgeteilten Einstellungen machen. Ich habe es unterlassen, in unseren Einstellungen die sich kompensierenden blauen und gelben Sektoren durch die ihnen gleichwertigen tonfreien Sektoren zu ersetzen.

Man beobachtet den Scheiben B_1 und B_2 gegenüber ein ganz verschiedenes Verhalten.[1] Die Farbe von B_1 wird wie jede qualitativ normal beleuchtete Oberflächenfarbe erfaßt. Die Farbe von B_2 dagegen kann man nur mit einer g e w i s s e n A n s t r e n g u n g erfassen, und dabei ändert sich ihr Farbenton mit der inneren Einstellung, indem mit einem mehr aktiven Verhalten ihrer Farbe gegenüber die Farbe der Episkotisterfläche zurücktritt, die eigentliche Farbe von B_2 mehr zur Geltung kommt. Bei komplementärer resp. nahezu komplementärer Färbung von E und B_2 ist diese Erscheinung wieder deutlicher als dann, wenn sie nicht komplementär gefärbt sind.

Bei den vorstehenden Versuchen ist natürlich der Eindruck, daß das hinter dem Episkotister Liegende in bunter Beleuchtung erscheint, nicht so deutlich wie dann, wenn das g a n z e G e s i c h t s f e l d von einer buntfarbigen Beleuchtung getroffen wird. Die bunte Farbe der Episkotisterfläche liegt mehr so auf den Objekten wie ein „Schatten" auf einer weißen oder ein „Licht" auf einer schwarzen Oberflächenfarbe liegt. Dieser Eindruck ist wieder besonders deutlich bei Komplementärfärbung von E und B_2. Ist E blau, B_2 gelb, so bezeichnet Mü die Farbe von B_2 als gelbliches Hellgrau. „Zuweilen liegt darüber ein blauer Hauch, von dem schwer zu sagen ist, ob er als Schatten auf B_2 liegt oder Oberflächenfarbe ist. Es kommt aber auch vor, daß der blaue Hauch in zwei Fingerbreite vor der Scheibe zu liegen scheint." Ähnliches wird beobachtet, wenn die Farben von E und B_2 vertauscht werden. „Auf B_2 erscheint zuweilen ein gelblicher Schein, der wie eine Wolke beweglich ist und als nicht zum Papier gehörig aufgefaßt wird." Ähnliche Erscheinungen treten, wenn auch weniger ausgeprägt, ein, wenn für ($E + B_2$) eine Kombination roter und grüner Farben gewählt wird.[2]

Eine Bewegung des Kopfes oder eine Verschiebung des rotierenden buntfarbigen Episkotisters im Gesichtsfeld bewirkt wie bei einem tonfreien Episkotister ein stärkeres Hervortreten der durch ihn gesehenen Farben. Wir übernehmen hier die oben (S. 334) gegebene Erklärung der Erscheinung.

Ich berichte hier über einige wenige Versuche mit Variation von b, die ich wieder im Hof des Instituts anstellte. Es handelt

---

[1] Vgl. hierzu die analogen Beobachtungen auf S. 337.

[2] Vgl. hierzu die Beobachtung auf S. 276.

sich um Einstellungen, die beim Überblick über die Kombination ($E + B_2$) nach der Methode der bestmöglichen Herstellung erhalten wurden (Einstellungen II).

E Rot 180°. B_2 = 360° Grün. a = 28 cm.
Vp. E
b = 14 m. B_1 = 30° Grün 55° Rot 104° Weiß 171° Schwarz.

Diese Einstellung wird anerkannt bis b = 5,5 m.

b = 3 m. B_1 = 45° Grün 40° Rot 30° Gelb 102° Weiß 143° Schwarz
b = 1 m. B_1 = 75° „ 35° „ 76° „ 59° „ 115° „
Vp. He
b = 14 m. B_1 = 19° Grün 65° Rot 99° Weiß 177° Schwarz

Diese Einstellung wird anerkannt bis b = 6,5 m.

b = 5 m. B_1 = 46° Grün 30° Rot 52° Gelb 68° Weiß 164° Schwarz
b = 3 m. B_1 = 58° „ 10° „ 53° „ 68° „ 171° „

Mit kleiner werdendem b tritt also hier wie bei den Versuchen mit tonfreiem Episkotister das hinter dem Episkotister Liegende mit seiner Farbe stärker hervor.

Will man in einem Bezirk des Gesichtsfeldes den Eindruck einer buntfarbigen Beleuchtung ohne Verwendung buntfarbiger Gelatineplatten oder Episkotister herstellen, so kann man auch so vorgehen, wie ich nach S. 7 ff. meiner Mitteilung vorgegangen bin. Es handelte sich dort um eine Modifikation unserer Versuchsanordnung III, deren Beschreibung ich hier nahezu wörtlich wiedergebe.[1] „Die linke Scheibe B_2, die im Schatten einer Pappscheibe steht, wird durch eine links bei 1 befindliche Gasglühlichtlampe beleuchtet. Die rechte Scheibe B_1 wird nur von Tageslicht getroffen. Die Resultate, welche man bei einem Vergleich der beiden Scheiben erhält, sind nachweislich nicht auf durch die Lampe veranlaßte Blendungserscheinungen oder chromatische Umstimmungen des Auges zurückzuführen. Von einer für die Erklärung der Resultate in Betracht kommenden Umstimmung kann bei dem schnellen Wechsel der Betrachtung zwischen links und rechts an und für sich keine Rede sein. Um aber jeden Einwand unmöglich zu machen, wird bei einer Reihe von Versuchen auch rechts symmetrisch zu der linken Lampe eine ganz gleiche angebracht, deren Strahlen indessen durch einen Schirm daran verhindert werden, die rechte oder linke Scheibe zu treffen. Die hier erhaltenen Resultate lassen keine wesentliche Abweichung

[1] Vgl. hierzu die Fig. auf S. 119.

von denen erkennen, wo sich nur links eine Lampe befindet. Es tritt schließlich auch keine bemerkenswerte Abweichung in den Resultaten ein, wenn die Anordnung so getroffen wird, daß die rechte Lampe fortfällt und durch einen Schirm (h) verhindert wird, daß die linke Lampe ihr Licht direkt in das Auge des Beobachters sendet.“ In letzterem Falle wird also die Beleuchtungsquelle selbst nicht gesehen. Ich gebe hier die bereits in der Mitteilung veröffentlichten numerischen Resultate der mit dieser Anordnung angestellten Versuche wieder, in denen bei gleichbleibender rötlichgelber Beleuchtung die Farbe der linken Scheibe mannigfach variiert wurde. Die unter I angeführten Werte wurden nach vollständiger Reduktion erhalten, die unter II angeführten Werte beim Überblick über die Beleuchtungsverhältnisse beider Scheiben. Ich lenke die Aufmerksamkeit besonders auf die unter III angeführten Einstellungen, die sich ergaben, wenn die beiden Scheiben nicht aus einer Entfernung von 80 cm, bei welcher die Werte II ermittelt wurden, sondern aus einer Entfernung von 3 m betrachtet wurden. Aus diesen letzten Werten geht hervor, daß bei einem Zurücktreten des Beobachters von der Anordnung, wodurch der von der bunten Beleuchtung betroffene Bezirk des ganzen Gesichtsfeldes unter kleinerem Sehwinkel erscheint, die Berücksichtigung dieser bunten Beleuchtung stark zurückgeht.[1] Die oben (S. 276) mitgeteilte Beobachtung, daß für den Eindruck der besonderen Beleuchtungsqualität die Wahrnehmung der Lichtquelle selbst nahezu belanglos ist, wird durch diese Versuche bestätigt. Für die Auslösung des Eindrucks der buntfarbigen Beleuchtung müssen also die Änderungen, welche die Oberflächenfarben selbst durch die buntfarbige Beleuchtung erleiden, hinreichend sein.

Vp. E $B_2 = 360°$ Weiß.

Einstellung	I: B_1 =	32° Weiß	42° Gelb	286° Orange	0° Schwarz
„	II: B_1 =	89° „	89° „	130° „	52° „
„	III: B_1 =	40° „	45° „	250° „	25° „

[1] Für die Demonstration des Feldgrößensatzes I. Ordnung bei buntfarbiger Beleuchtung eignet sich vorzüglich unsere oben (S. 270f.) angegebene Anordnung mit dem Doppelzimmer. Die Variation der Größe des buntfarbig beleuchteten Bezirks erfolgt dadurch, daß der Beobachter seine Entfernung von der Öffnung der Verbindungstür ändert.

B_2 = 330° Weiß + 30° Gelb.				
Einstellung I: B_1 =	26° Weiß	30° Gelb	304° Orange	0° Schwarz
„ II: B_1 =	69° „	49° „	182° „	60° „
„ III: B_1 =	30° „	28° „	280° „	22° „
B_2 = 300° Weiß + 60° Gelb.				
Einstellung I: B_1 =	25° Weiß	35° Gelb	300° Orange	0° Schwarz
„ II: B_1 =	70° „	44° „	188° „	58° „
„ III: B_1 =	30° „	39° „	274° „	17° „
B_2 = 270° Weiß + 90° Gelb.				
Einstellung I: B_1 =	19° Weiß	28° Gelb	313° Orange	0° Schwarz
„ II: B_1 =	63° „	69° „	169° „	59° „
„ III: B_1 =	24° „	37° „„	270° „	29° „
B_2 = 240° Weiß + 120° Gelb.				
Einstellung I: B_1 =	17° Weiß	28° Gelb	315° Orange	0° Schwarz
„ II: B_1 =	44° „	63° „	185° „	68° „
„ III: B_1 =	21° „	35° „	302° „	2° „
B_2 = 210° Weiß + 150° Gelb.				
Einstellung I: B_1 =	17° Weiß	23° Gelb	320° Orange	0° Schwarz
„ II: B_1 =	52° „	72° „	155° „	81° „
„ III: B_1 =	21° „	31° „	297° „	11° „
B_2 = 180° Weiß + 180° Gelb.				
Einstellung I: B_1 =	0° Weiß	19° Gelb	341° Orange	0° Schwarz
„ II: B_1 =	33° „	73° „	199° „	55° „
„ III: B_1 =	16° „	28° „	292° „	24° „
B_2 = 90° Weiß + 270° Gelb.				
Einstellung I: B_1 =	0° Weiß	36° Gelb	324° Orange	0° Schwarz
„ II: B_1 =	10° „	83° „	231° „	36° „
„ III: B_1 =	8° „	42° „	290° „	20° „
B_2 = 330° Weiß + 30° Blau.				
Einstellung I: B_1 =	41° Weiß	30° Gelb	289° Orange	0° Schwarz
„ II: B_1 =	100° „	96° „	74° „	90° „
„ III: B_1 =	52° „	40° „	251° „	17° „
B_2 = 300° Weiß + 60° Blau.				
Einstellung I: B_1 =	34° Weiß	14° Gelb	201° Orange	111° Schwarz
„ II: B_1 =	101° „	90° „	72° „	97° „
„ III: B_1 =	30° „	19° „	168° „	143° „
B_2 = 270° Weiß + 90° Blau.				
Einstellung I: B_1 =	37° Weiß	54° Gelb	149° Orange	120° Schwarz
„ II: B_1 =	87° „	93° „	60° „	120° „
„ III: B_1 =	43° „	60° „	120° „	137° „
B_2 = 240° Weiß + 120° Blau.				
Einstellung I: B_1 =	21° Weiß	10° Gelb	139° Orange	190° Schwarz
„ II: B_1 =	69° „	57° „	25° „	209° „
„ III: B_1 =	25° „	17° „	120° „	198° „
B_1 = 210° Weiß + 150° Blau.				
Einstellung I: B_1 =	32° Weiß	0° Gelb	91° Orange	237° Schwarz
„ II: B_1 =	63° „	23° „	36° „	238° „
„ III: B_1 =	49° „	11° „	82° „	218° „

B_2 = 180° Weiß + 180° Blau.

Einstellung	I: B_1 =	20° Weiß	5° Gelb	79° Orange	256° Schwarz
„	II: B_1 =	40° „	21° „	21° „	278° „
„	III: B_1 =	23° „	0° „	81° „	256° „

B_2 = 90° Weiß + 270° Blau.

Einstellung	I: B_1 =	22° Weiß	36° Orange	302° Schwarz	0° Blau
„	II: B_1 =	47° „	9° „	289° „	15° „
„	III: B_1 =	25° „	19° „	311° „	5° „

Die Projektion von Nachbildern auf Oberflächen von Gegenständen und unsere Feldgrößensätze. Entwickelt man sich auf einem Ausschnitt der Umgebung durch längere Betrachtung einer tonfreien oder bunten Vorlage ein komplementär gefärbtes negatives Nachbild, so gewinnt man von den Oberflächenfarben dieses Ausschnittes einen ähnlichen Eindruck, wie wenn man sie durch durchsichtige oder durchscheinende tonfreie oder bunte Medien betrachtet. In vielen Fällen sind nämlich die Oberflächenfarben nicht einfach im Sinne der Nachbilder verfärbt, vielmehr ist gleichzeitig der Eindruck einer Beleuchtungsänderung innerhalb des Nachbildbezirks vorhanden. Vermutlich fehlt hauptsächlich wegen des mangelnden schärferen Randkonturs des Nachbildes der Eindruck, daß es den Oberflächenfarben so vorgelagert ist wie die Farbe des Rauchglases und der Gelatineplatte vorgelagert erscheint. Die Oberflächenfarben sind nun im Sinne der Farbe des negativen Nachbildes in einem je nach den Umständen verschiedenen Grade verfärbt. Für die Stärke dieser Verfärbung scheinen wieder unsere beiden Feldgrößensätze maßgebend zu sein. Es läßt sich die Gültigkeit des Feldgrößensatzes II. Ordnung für den Fall der „Beleuchtungsänderung durch ein negatives Nachbild" auf folgende Weise zeigen. Man erzeuge sich ein kleines kräftiges Nachbild und projiziere es auf eine Wand von den auf S. 313 angegebenen Eigenschaften. Hat es sich ganz entwickelt, so entferne man sich unter beständiger strenger Fixierung eines Punktes der Wand von derselben. Mit der allmählichen Entfernung von der Wand kommen deren eigentliche Farben mehr und mehr zur Geltung. Die Deutlichkeit der Farbe des Nachbildes geht mit seinem Größerwerden mehr und mehr zurück; gleichzeitig gewinnt man den Eindruck einer Beleuchtungsänderung innerhalb des Nachbildbezirks. Daß diese Änderungen im farbigen Eindruck nicht durch das Abklingen des Nachbildes innerhalb der kurzen zur Entfernung von der Wand nötigen Zeit

bedingt sind, folgt daraus, daß der umgekehrte Ablauf der Erscheinung, nämlich ein Hervortreten der Farbe des Nachbildes und ein Zurücktreten des Eindrucks einer abweichenden Beleuchtung im Nachbildbezirk zu konstatieren ist, wenn man das Nachbild aus großer Entfernung auf die Wand projiziert und unter fester Fixierung eines Punktes derselben sich ihr nähert. Wenn es nicht gelingt, während der Bewegung den Fixationspunkt festzuhalten und gleichzeitig die dabei eintretenden Änderungen des farbigen Eindrucks zu beachten, kann man natürlich auch so verfahren, daß man sich dasselbe Nachbild mehrmals erzeugt und nacheinander aus verschiedenen Entfernungen auf dieselbe Wand projiziert.

Die Gültigkeit des Feldgrößensatzes I. Ordnung bei „Beleuchtungsänderung innerhalb eines Bezirks des Sehfeldes durch ein negatives Nachbild" ist vor allem wegen des schnellen Abklingens der Erregungen, welche in größeren Bezirken der Netzhaut bestehen, weniger leicht nachzuweisen. Meine Beobachtungen lassen mich indessen an seiner Gültigkeit nicht zweifeln.[1] Ich begnüge mich mit der Angabe der qualitativen Seite dieser Beobachtungen. Die Flüchtigkeit und Veränderlichkeit des negativen Nachbildes läßt es nicht zu, mit Sicherheit die farbigen Erscheinungen zu analysieren, die bei Projektion von bunten Nachbildern auf komplementär gefärbte Oberflächenfarben vorhanden sind, noch weniger für diesen Fall quantitative Bestimmungen vorzunehmen.

R. Heidenhain führt auf S. 72 seiner oben (S. 311) zitierten Arbeit merkwürdige „Störungen" des Farbensinns an, welche sich auf dem Auge der kataleptischen Seite eines Hypnotisierten bemerkbar machen. „Wird das eine Auge atropinisiert und während des allmählichen Eintritts der Atropinisierung von Zeit zu Zeit hypnotisiert, so zeigt sich in bezug auf Gelb und Blau in den verschiedenen Stadien der Atropinwirkung eine verschiedene merkwürdige Wirkung. Die Vp. gibt in gewissen Stadien an, daß sie Gelb mit blauem Schimmer wahrnehme oder auch sie sehe Gelb (Blau) durch einen blauen (gelben) Schleier hindurch." Die Analogie dieser Beobachtungen zu den auf S. 342 angegebenen fällt auf. Ob bei Heidenhains Beobachtungen negative Nachbilder die beschriebenen farbigen Erscheinungen bedingt haben, ist nicht zu entscheiden, da H. keine nähere Angaben über die Versuchsbedingungen macht. Es erscheint indessen nach den vorstehend

---

[1] Sehr wahrscheinlich ist es durch seine Gültigkeit mitbedingt, daß chromatische Umstimmungen, welche die ganze Netzhaut treffen und als Änderungen der Beleuchtung des Gesichtsfeldes gedeutet werden, so beträchtlich unterschätzt werden.

mitgeteilten Beobachtungen über Nachbildprojektion nicht ausgeschlossen, daß gelbe Nachbilder, die durch Betrachtung der blauen Vorlage erzeugt wurden, späterhin infolge besonderer Umstände die blaue Vorlage selbst in gelber Beleuchtung erscheinen ließen.

Volkmanns Papierstreifenversuch. Daß man zur Herstellung des Eindrucks durchsichtiger oder durchscheinender Farben auch ohne Verwendung von im physikalischen Sinne durchsichtiger oder durchscheinender Medien, wie Rauchglas, Gelatineplatte und ähnlicher Mittel, gelangen kann, beweisen unsere Versuche mit den für Licht undurchlässigen Episkotisterscheiben. Schon oben (S. 16 f.) wurde darauf hingewiesen, wie man unter Verwendung des binokularen Sehens lichtundurchlässige Pappflächen durchscheinend erscheinen lassen kann. Hier mag noch eines Verfahrens zur Erweckung jenes Eindrucks bei monokularer Betrachtung Erwähnung geschehen, das Volkmann [1] bei Versuchen benutzt hat, die seinerzeit aus verschiedenen Gründen [2] das Interesse vieler Forscher auf sich zogen. Volkmann hielt einen Streifen farbigen Papieres, der schmaler war als die Pupille, in einer solchen Entfernung von dem Auge, daß von einem dahinter befindlichen anders gefärbten Papierstreifen doch ein Bild auf der Netzhaut entstehen konnte, während sich der nähere Streifen in Zerstreuungskreisen abbildete. „Man sieht durch den farbigen Papierstreifen hindurch den farbigen Hintergrund, in ähnlicher Weise, wie man durch einen farbigen Flor verschiedenfarbige Gegenstände in ihren eigentümlichen (von mir gesperrt gedruckt) Farben wahrnimmt." „Gewöhnlich sieht man nur eine Farbe, entweder die des Hintergrundes oder die des vorderen Streifens, welche zwar eine Veränderung allerdings erfahren hat, aber nur insofern, als sie minder intensiv, gleichsam verwaschen und anders beleuchtet (von mir gesperrt gedruckt) erscheint." Auf eine Erklärung dieser Beobachtungen gehe ich nicht ein. Sie hat ähnlich zu erfolgen wie die der übrigen Versuche dieses Abschnittes.

Der Vollständigkeit wegen erwähne ich, daß auch dicht gewebte dünnfädige Schleier von tonfreier oder bunter Farbe je nach ihrer Flächengröße den Eindruck einer das ganze Gesichtsfeld oder einen Teil desselben treffenden tonfreien oder bunten Beleuchtungsänderung veranlassen, wenn sie so dicht vor das Auge gehalten werden, daß sie die lückenlose Abbildung dahinterliegender Gegenstände nicht unmöglich machen.[3] Helmholtz hat bekanntlich auf diese Anordnung verwiesen.

Beobachtungen an schwarzen und bunten Spiegeln. Die Spiegelbilder, welche an unbelegten geschlif-

[1] Wagners Handwörterbuch d. Phys. Bd. III, 1. 1846. S. 326 f.

[2] Vgl. hierzu G. E. Müller. Zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit. Inaug.-Diss. S. 74 f.

[3] Chr. Ladd-Franklin und A. Guttmann haben die Sehschärfe beim Sehen durch Schleier untersucht, ohne ihre Aufmerksamkeit weiter den dabei beobachtbaren farbigen Änderungen der betrachteten Objekte zuzuwenden Über das Sehen durch Schleier. Zeitschr. f. Psych. Bd. 31, 1903.

fenen Glasplatten entstehen, entziehen sich vielfach der Beobachtung, wenn gleichzeitig mit den regelmäßig reflektierten Strahlen größere Lichtmengen von den hinter dem Glas befindlichen Objekten in das Auge des Beobachters gelangen. Die Spiegelbilder sind recht deutlich, wenn die hintere Fläche des Spiegelglases mit einem Überzug von schwarzer Farbe, am besten Lackfarbe, versehen ist. Da nur ein Teil des auf das Glas auffallenden Lichtes reflektiert wird, die Schwächung des regelmäßig reflektierten Lichtes aber für die ganze Fläche dieselbe ist, so sollte unter der Voraussetzung, daß von der Rückseite des Spiegels nur unbedeutende Mengen diffus reflektierten Lichtes ausgehen, die Spiegelung von Gegenständen an solchen Schwarzspiegeln (vgl. S. 20) auf deren farbige Erscheinung eine ähnliche Wirkung ausüben wie Betrachtung derselben Gegenstände durch einen lichtlosen oder fast lichtlosen reizschwächenden Episkotister. Diese Vermutung trifft zu. Man sieht also das in dem Schwarzspiegel Abgebildete wie unter herabgesetzter Beleuchtungsstärke, seine Farben sind in einer dieser Beleuchtungsstärke entsprechenden Weise verändert. Dabei erscheinen die Konturen und die Oberflächenstruktur der reflektierten Gegenstände kaum undeutlicher als bei Betrachtung durch einen das Licht gleich stark schwächenden Episkotister. Durch diese Beobachtung erhält die Annahme, daß von der Rückseite des Schwarzspiegels wirklich nur unbedeutende Mengen Lichtes diffus reflektiert werden, eine Bestätigung. Es gelten nun wieder hinsichtlich der Deutlichkeit, mit der sich der Eindruck der Beleuchtungsabschwächung in dem Teile der Außenwelt, dessen reflektiertes Bild man wahrnimmt, einstellt, unsere beiden Feldgrößensätze. Die Deutlichkeit dieses Eindrucks nimmt zu mit der Größe des in dem Spiegel wahrgenommenen Teiles der Außenwelt. Man kann die Gültigkeit unseres Feldgrößensatzes I. Ordnung durch Änderung der Spiegelgröße oder durch eine stärkere Annäherung des Spiegels an das Auge des Beobachters nachweisen. Den Feldgrößensatz II. Ordnung findet man bestätigt, wenn man unter Beibehaltung der Spiegelgröße sowie der Entfernung des Beobachters vom Spiegel einen größeren Ausschnitt der Außenwelt zur Spiegelung gelangen läßt.

Nach diesen Ausführungen läßt sich der Erfolg der Spiegelung von Oberflächenfarben an Buntspiegeln fast voraussagen. Wie oben (S. 20) erwähnt, kann man sich solche Buntspiegel entweder durch Verwendung bunter (Lack-) Farben oder einfacher mit Hilfe

bunter Papiere herstellen. Letzteren Falles bestreicht man eine gut geschliffene Glasplatte mit einem Klebstoff, der auch beim Trocknen möglichst klar bleibt und preßt auf diese Glasplatte ein buntes Papier. Es ist zweckmäßig ein Papier hoher Sättigung zu wählen. Je nach der Lage, in welche man diesen Buntspiegel zu den vorhandenen Lichtquellen bringt, gelangt von dem bunten Papier eine größere oder kleinere Menge buntfarbigen Lichtes in das beobachtende Auge. Dieses bunte Licht gesellt sich zu dem regelmäßig reflektierten Licht, es überlagert sich also dem Spiegelbild. Die Verhältnisse der Netzhautreizung liegen demnach annähernd so wie in dem Falle, wo durch eine nicht ganz klare bunte Flüssigkeit auf Gegenstände gesehen wird. Man glaubt nun tatsächlich durch einen buntfarbigen Nebel auf die in dem Buntspiegel gespiegelten Objekte zu sehen. Deren Oberflächenfarben werden dabei fast in gleicher Weise verändert wie bei unseren früheren Beobachtungen mit bunten Episkotistern (S. 328). Fast ist es überflüssig zu sagen, daß sich die Deutlichkeit des Eindrucks der ein tretenden buntfarbigen Beleuchtung auch hier nach unseren beiden Feldgrößensätzen bestimmt.[1]

Es sind Beobachtungen der letzthin beschriebenen Art, welche Helmholtz an gut polierten, ihre Umgebung spiegelnden Mahagonitischplatten gemacht und ausführlich beschrieben hat. Bekanntlich deutet er die dabei eintretende Aufspaltung des Eindrucks in die Farbe der spiegelnden Oberfläche sowie die Farbe des gespiegelten Gegenstandes im Sinne seiner Kontrasttheorie. Helmholtz hat bei seinen Beobachtungen den Eindruck der B e l e u c h t u n g s ä n d e r u n g nicht berücksichtigt. Hering hat nicht nur die Richtigkeit der Deutung, sondern bis zu einem gewissen Grad auch die Tatsächlichkeit der betreffenden Beobachtungen bestritten.[2] Sein Gegenversuch besteht darin, zu zeigen, daß eine Aufspaltung des Farbeneindrucks in zwei farbige Portionen nicht eintritt, wenn spiegelnde und gespiegelte Oberfläche vollkommen gleichförmig in der Farbe und beide ohne Körnung und Struktur sind. Die Gleichförmigkeit der Farbe sei nur bei k l e i n e r gespiegelter Fläche garantiert. Verwende man größere Flächen, so erschienen sie nach dem Rande zu in anderer, oft in komplementärer Färbung. In diesem Falle baue man sich aus den in den zwei Farben erscheinenden „Bruch-

[1] Wir halten uns nicht damit auf, nachzuweisen, daß auch diese Beobachtungen an bunten Spiegeln nicht durch periphere Faktoren erklärt werden können.

Für Beobachtungen, dann auch für messende Versuche mit schwarzen und bunten Spiegeln eignet sich unsere Versuchsanordnung III (S. 119 f.) mit der dort erwähnten Vorrichtung für die Spiegelung.

[2] Hering IV, S. 5 ff.

stücken" des Sehfeldes die Vorstellung der spiegelnden und der gespiegelten Fläche auf; nur auf diese Wiese solle dann der Eindruck einer verschiedenen Lokalisation dieser beiden Flächen zustande kommen. Auch HERING hat die Tatsache der abweichenden Beleuchtung bei diesen Versuchen nicht berücksichtigt. Seinen Gegenversuch kann ich auf Grund eigener Beobachtungen bestätigen. Es tritt eben keine Aufspaltung der spiegelnden und der gespiegelten Farbe ein, wenn letztere keine Oberflächenfarbe ist. Mir scheint die Aufspaltung deutlich zu sein, wenn ich das kleine gleichförmige Feld inmitten eines größeren Feldes darbiete, sodaß das Ganze in deutlicher Weise den Eindruck einer Gegenständlichkeit erweckt. Man klebe das kleine Feld z. B. für diesen Zweck auf ein bedrucktes Papier; hierdurch wird die Gleichförmigkeit seiner Färbung nicht alteriert.

§ 31. Über die Beeinflussung der Lokalisation farbiger Eindrücke durch ihre Farbwerte. Die Lichtführung.[1]

Nachdem wir an verschiedenen Stellen dieser Schrift die Beeinflussung, welche Oberflächenfarben an Momenten der Farbmaterie durch die ihnen widerfahrene Lokalisation erleiden, erörtert haben, müssen wir hier kurz auf die oben (S. 54 ff.) behandelte Frage nach der Beeinflussung der Lokalisation von Farbeneindrücken durch die farbige Besonderheit dieser Eindrücke zurückkommen. Die Wiederaufnahme dieser Frage erscheint darum geboten, weil sie für die Oberflächenfarben durch das Moment der Beleuchtung, das oben nicht berücksichtigt wurde, eine neue Wendung erhält.

Es ist notwendig, die verschiedenen Seiten, welche zur Lokalisation einer Farbenfläche im Raume gehören, nämlich ihre Entfernung sowie ihre Orientierung und Richtung — sowohl zum Beobachter wie zur Lichtquelle resp. zur Richtung des einfallenden Lichtes — auch hier auseinanderzuhalten. Wir konstatieren zunächst, daß die von uns ermittelten Beziehungen zwischen den Momenten der Farbmaterie (Eindringlichkeitsgrade) und den Entfernungen vom Beobachter sowohl für die Flächen- als auch die Oberflächenfarben (§ 6) die einzigen aufweisbaren Beziehungen dieser Art sind. Man kann nicht behaupten, daß diese Beziehungen von großer Bedeutung für die Lokalisation von Farbeneindrücken seien. Sie besitzen für das Farbensehen

[1] Wir hätten den Ausführungen dieses Paragraphen auch eine andere Stelle in der Arbeit zuweisen können.

außerhalb des Laboratoriums geringe Wichtigkeit; denn normalerweise kommen im Gesichtsfeld hohe Eindringlichkeitsdifferenzen von Farben nicht vor. Häufig begegnet man bei der Besprechung der Luftperspektive Auffassungen, die man dahin verstehen kann, als seien es die Änderungen, die die Farben durch die Luftschichten an ihren Farbwerten erleiden, welche in unmittelbarer Weise die Lokalisation der Eindrücke in verschiedene Entfernungen bedingen. Diese Auffassung ist irrig; aus d i e s e n Änderungen der Farbeneindrücke folgt nichts für ihre Entfernungseinschätzung. Es ist nur die durch die zwischengelagerten Luftmassen bedingte U n d e u t l i c h k e i t d e r G e g e n s t ä n d e, die Verwaschenheit ihrer Konturen sowie das Unsichtbarsein ihrer Einzelheiten, welche uns den Entfernungseindruck sowie den Eindruck der zwischen uns und den Gegenständen liegenden Atmosphäre vermitteln. Wohl aber hat die so veranlaßte Lokalisation der Farbenflächen in große Entfernung und die Wahrnehmung der Atmosphäre zur Folge, daß die chromatischen Änderungen, welche die Farben jener entfernten Gegenstände erleiden, nur bei Reduktion zu Flächenfarben durch einen gelochten Schirm, der sich in einem mäßigen Abstand von dem Beobachter befindet, deutlich hervortreten, dagegen bei direkter Betrachtung der Gegenstände stark zurücktreten. Ich führe an dieser Stelle nicht aus, welche Änderungen die Farben entfernter Objekte durch die Luftperspektive erleiden. Die rötliche Tönung, welche helle, die bläuliche Tönung, welche dunkle entfernte Gegenstände erfahren, erschöpfen jedenfalls n i c h t den Reichtum chromatischer Änderungen, welche infolge der Luftperspektive an den Farben der Objekte eintreten.

Weder in dem Farbwerte einer isoliert im Gesichtsfeld auftretenden Oberflächenfarbe noch in den verschiedenen Farbwerten mehrerer im Gesichtsfeld nebeneinander befindlichen Oberflächenfarben liegt für den Beobachter ein Motiv, eine bestimmte Orientierung der einzelnen Oberflächenfarbe oder eine gleiche oder verschiedene Orientierung der verschiedenen Oberflächenfarben zu ihm vorzunehmen. Die Orientierung von Oberflächenfarben zum Beobachter erfolgt stets infolge der Wahrnehmung bestimmter räumlicher Verhältnisse. Dahingegen erfolgt die Orientierung der Oberflächenfarben zu der Lichtquelle resp. zu der Richtung des einfallenden Lichtes auf Grund ihrer besonderen farbigen und strukturellen Verhältnisse. Gleiche Deutlichkeit der Ober-

flächenstruktur der Objekte läßt bei annähernd gleicher Entfernung der Objekte von der Lichtquelle auf ähnliche Orientierung zum einbrechenden Licht schließen. Die Teile eines Objektes, auf denen Licht aufliegt, müssen nach der Lichtquelle hin orientiert sein, die beschatteten Teile von ihr weg. Im allgemeinen wird man annehmen dürfen, daß die helleren Teile eines Objektes dem Licht zugekehrt, die dunkleren von ihm abgewandt sind; denn meist werden sich die einzelnen Teile der Objekte nicht so kapriziös in der Helligkeit ihrer eigentlichen Farben voneinander unterscheiden, daß diese die aus der verschiedenen Orientierung der Teile zur Lichtquelle entspringenden Helligkeitsdifferenzen (der Objektteile) gerade kompensieren oder überkompensieren. Man beleuchte eine Gipsbüste in einem sonst dunklen Raume aus etwa 2—3 m Entfernung mit einem Licht. Die Büste ändert ihre Lage zum Beobachter nicht, wenn die Lichtquelle bei gleichbleibender Entfernung von der Büste um sie bewegt wird. Wohl aber erlebt der Beobachter, wie sich die Orientierung der Lichtquelle oder, wie wir noch treffender sagen können, des Lichtes zur Büste hierbei beständig ändert. Dieses Erlebnis wurzelt ganz in dem Komplex von Änderungen, die sich an der Farbe und Struktur der Büstenoberfläche vollziehen; denn die Lichtquelle darf, ohne daß sich der beschriebene Eindruck ändert, durch einen Schirm den Blicken des Beobachters beständig entzogen bleiben. Man kann sich bei diesem Versuch zur Anschauung bringen, was es heißt, daß das Licht in bestimmter Richtung durch den Sehraum oder einen Teil des Sehraums fällt. Lassen wir die Lichtquelle ruhen, während wir uns bewegen, so bleibt die Orientierung der Büste zum Licht dieselbe, während sich nun beständig unsere Orientierung zur Büste ändert. Der Maler pflegt zu sagen, daß im Gemälde eine gewisse Lichtführung besteht, eine, wie mir scheint, treffende Ausdrucksweise, die wir in der gleichen Bedeutung auf die Orientierung der Gegenstände zu dem Lichte anwenden wollen. Ich brauche nicht zu sagen, daß die Lichtführung, ein spezifisches, an die Wahrnehmung von Oberflächenfarben und deren Beleuchtung gebundenes Erlebnis, doch nicht mit der Beleuchtungsqualität oder Beleuchtungsstärke des Gesichtsfeldes identisch ist. Die Lichtführung kann bei gleicher Beleuchtungsstärke des Gesichtsfeldes verschieden, bei verschiedener Beleuchtungsstärke dieselbe sein. Für die Deutlichkeit, mit der sich innerhalb eines Teiles des Gesichtsfeldes der Eindruck einer

bestimmten Lichtführung einstellt, sind wieder unsere Feldgrößensätze maßgebend. Unter Umständen harmoniert die Lichtführung in einem Teil des Gesichtsfeldes nicht mit der Lichtführung in dem angrenzenden Teil. Als Folge stellt sich dann der Eindruck einer seltsamen Beleuchtung ein (vgl. hierzu die Anm. auf S. 183). Wir erwarten stets eine Lichtführung von einer gewissen Deutlichkeit und finden die Beleuchtung fremdartig, wenn infolge gewisser Umstände die Lichtführung nicht deutlich ausgesprochen ist. Das war z. B. bei Ausschluß des peripheren Sehens der Fall (S. 299 f.). Wir erwarten im allgemeinen nach unseren Erfahrungen bei Tagesbeleuchtung und künstlicher Beleuchtung eine Lichtführung von oben nach unten. Schon eine Beleuchtung von unten nach oben kann uns fremd anmuten.

§ 32. Einige Bemerkungen zur Gemäldekunst.

Die Lichtführung in Gemälden. Die Lichtführung im Gemälde ist ein Faktor von höchster Wichtigkeit für die malerische Wirkung, sie gibt vielfach das einigende Band der Gesamtkomposition ab. Man denke hier an TINTORETTO und REMBRANDT, um von den Modernen ganz zu schweigen. Ein Bild kann im einzelnen vorzügliche malerische Qualitäten aufweisen und doch an seiner Gesamtwirkung Einbuße erleiden, weil die Lichtführung nicht zusammenfassend wirkt. Es ließen sich hierfür eine ganze Reihe von Beispielen anführen. Dies gilt z. B. auch bis zu einem gewissen Grad für die Schützenmahlzeit des B. VAN DER HELST im Reichsmuseum zu Amsterdam. So verlockend es auch ist, dem Problem der Lichtführung bei den verschiedenen Meistern nachzugeben, so müssen wir es uns doch versagen, diese Frage hier in Angriff zu nehmen.

Bemerkungen zur Darstellung der Beleuchtung und Oberflächenstruktur auf Gemälden. Es ist das Bestreben moderner Richtungen in der Gemäldekunst, auch die flüchtigsten Zuständlichkeiten beleuchteter Gegenstände zur Darstellung zu bringen. Man könnte sehr wohl beim Studium der Beziehungen zwischen Beleuchtung und Beleuchtetem von der Betrachtung solcher Gemälde ausgehen, von denen man allgemein anerkennt, daß sie in der Darstellung dieser Verhältnisse

in hohem Grade gelungen seien.[1] Um die Farben, die der Maler auf die Leinwand gesetzt hat, isoliert und nicht in ihrer Beeinflussung durch die auf dem Gemälde dargestellte Beleuchtung zu erfassen, kann man sich entweder dem Bilde soweit annähern, daß man nur noch kleine Flächen zu überblicken vermag oder man kann mit einem Stück steifen Papieres, aus dem ein kleines Fensterchen herausgeschnitten wurde, das Bild auf seine Farben „absuchen", indem man sie auf die in dem Ausstellungsraum herrschende Beleuchtung reduziert. Der Künstler bringt meist eine Beleuchtung zur Darstellung, die nicht mit der Beleuchtung der Objekte, welche die Umgebung des Gemäldes bilden, übereinstimmt. Die Abweichungen brauchen nicht allein solche der Beleuchtungs i n t e n s i t ä t zu sein; denn während man in den meisten Ausstellungsräumen mit einer nahezu tonfreien Beleuchtung wird rechnen dürfen, sind die meisten der dort ausgestellten künstlerischen Schöpfungen auf eine mehr oder weniger ausgesprochene bunte Beleuchtung gestimmt. Die von uns gefundene Tatsache, daß der Eindruck einer Beleuchtung bestimmter Stärke oder bestimmter Qualität auch dann deutlich ist, wenn davon nur ein gewisser Ausschnitt des Gesichtsfeldes betroffen wird, macht es verständlich, daß solche Gemälde überhaupt den Eindruck einer Beleuchtung auszulösen vermögen, die von derjenigen ihrer Umgebung abweicht. Hier harren noch eine ganze Reihe von Fragen der Erörterung, an denen man bislang achtlos vorübergegangen ist und von denen ich hier nur einige gerade andeuten kann. Zunächst findet man als Bestätigung zu dem von uns aufgestellten Feldgrößensatz I. Ordnung, daß die vom Künstler gewünschten Beleuchtungseindrücke um so deutlicher sind, j e g r ö ß e r das vom ganzen Gemälde wahrgenommene Stück ist. Die Farbe eines Flächenteiles des Gemäldes, die für sich betrachtet nichtssagend ist, gewinnt erst durch ihre Erfassung im Gesamteindruck Bedeutung für die Beleuchtungsauffassung. Dieser Sachverhalt kann für die Wirkung eines Bildes mit ihrer Abhängigkeit von der Größe des vom Künstler wiedergegebenen Stücks der Außenwelt oder der von ihm für die Wiedergabe gewählten Dimensionen nicht ohne Folgen bleiben.[2] Nähert man sich der Leinwand sehr, so findet auch aus dem Grund eine Reduktion der Farben des Ge-

[1] „Die aufmerksame Betrachtung der Gemälde großer Meister wird ... der physiologischen Optik ..... förderlich sein." HELMHOLTZ I, S. 97.

[2] Vgl. hierzu das, was A. HILDEBRAND in seinem Problem der Form

mäldes auf die im Ausstellungsraum herrschende Beleuchtung statt, weil nun dessen Oberflächenstruktur in der Deutlichkeit erscheint, wie sie jener Beleuchtungsstärke entspricht. Die Farben wirken dann nicht mehr repräsentativ, sie verbildlichen nicht mehr Gegenstände, sondern sie wirken wie ein Anstrich der Leinwand. Diese starke Annäherung entspricht nicht den Wünschen des Künstlers. Jedes Gemälde verlangt eine Betrachtung aus bestimmter Entfernung, eine Tatsache, die vielen Besuchern von Gemäldesammlungen unbekannt zu sein scheint und aus deren Nichtbeachtung eine Reihe mißverständlicher Auffassungen von Gemälden entspringt. Eine bildliche Darstellung, die in Lebensgröße ausgeführt worden ist, wird im allgemeinen eine Betrachtung aus der dem dargestellten Objekt adäquaten Entfernung (s. S. 97) fordern. Es ist die Intention des Künstlers, daß die Oberflächenstruktur der dargestellten Objekte in bestimmten Deutlichkeitsgraden erscheint. Wer auf diese Verhältnisse zu achten gewöhnt ist, weiß, in welch hohem Grade der Künstler seinen malerischen Zwecken nicht nur Momente der Farbmaterie, sondern daneben Momente der Oberflächenstruktur dienstbar macht.[1] Die Änderungen, welche die Struktur der Oberflächen von Gegenständen bei Beleuchtungsänderungen erleiden, sind für die Darstellung der Beleuchtungsverhältnisse von einer Bedeutung, die gar zu leicht übersehen wird. Gerade der Anfänger im Malen hat viel zu sehr das Bestreben, Beleuchtungsunterschiede, die allein in strukturellen Differenzen zum Ausdrucke kommen und so zur Darstellung zu bringen wären, durch Unterschiede der Momente der Farbmaterie wiederzugeben. Alles, was wir hier über die Änderung der Deutlichkeit der Oberflächenstruktur bei verschiedenen Beleuchtungsstärken und Beleuchtungsqualitäten gesagt haben, läßt sich durch Beispiele der Darstellung auf Gemälden belegen. Man hat zuweilen auf die Deutlichkeitsänderung der Konturen als Mittel für die malerische Darstellung der Beleuchtungsänderung der Gegenstände hingewiesen, ohne auf das, wie mir

---

(III. Aufl. Straßburg 1901, S. 78 Anm.) über die Bedeutung des verwendeten Maßstabes bei der bildlichen Darstellung anführt.

[1] Vgl. hierzu J. Meier-Gräfe. Impressionisten. München und Leipzig 1907. Der Impressionismus „treibt zur Differenzierung des Pinselstrichs". S. 14. „Ein Druck der Hand gab (bei Manet) dem Pinsel alle Nuancen der raumbildenden Suggestion und gleichzeitig die Unterschiede der Materien." S. 76.

scheint, ebenso wichtige Element der Deutlichkeit der Oberflächenstruktur genügend aufmerksam zu machen, und doch steht vielfach bei modernen Meistern die Technik fast ganz im Dienste der Strukturdarstellung. Die Abweichung der innerhalb des Bildrahmens dargestellten Struktur von der Struktur seiner Umgebung dürfte zur Auslösung der Bildillusion nicht wenig beitragen. Dort, wo diese Abweichung verschwindet und auch durch Momente der Farbmaterie kein Beleuchtungsunterschied zwischen den Teilen des Gesichtsfeldes innerhalb und außerhalb des Bildrahmens ausgedrückt wird, verschwindet der Gegensatz von Bild und Wirklichkeit. So sind beispielsweise im Museum Wiertz in Brüssel an einer Wand des Ausstellungssaales eine Tür sowie eine Hundehütte mit einem Hund in einer solchen Beleuchtungsstärke und in solchen strukturellen Verhältnissen dargestellt, daß man unter gewissen Betrachtungsbedingungen über deren Bildcharakter getäuscht werden kann.[1]

Die Behandlung der Oberflächenstruktur ist für ganze Epochen der Malerei charakteristisch. Deren minutiöse Behandlung bei alten Meistern wie bei den VAN EYCKS und MEMLING[2] hält selbst noch der Betrachtung durch die Lupe stand. Gewiß entspricht der normalen Beleuchtung, wie sie auf diesen Bildern herrscht (vgl. S. 221), der höchste Deutlichkeitsgrad der Oberflächenstruktur. Wir werden aber auf Bildern moderner Meister selbst dort, wo eine normale Beleuchtungsstärke dargestellt ist, vergeblich nach jener Schärfe der Struktur suchen; sie mußte der Darstellung der Atmosphäre weichen, welche um die Objekte spielt und sie bis zu einem gewissen Grade ihrer Härte entkleidet. Jener Zug in der Entwicklung der Malerei, der von der strukturellen Gebundenheit zur strukturellen Freiheit geht, setzt mit der gleichen Entschiedenheit ein wie die Entwicklung von der Darstellung der normal beleuchteten Oberflächenfarbe zu der Darstellung der flüchtigsten Zuständlichkeit der qualitativ und intensiv nicht normalen Beleuchtung und geht ihr bis zu einem gewissen Grade

---

[1] Man tut recht daran, diese Schöpfungen eher als Kunststücke denn als Kunstwerke anzusprechen.

[2] Ich erinnere z. B. an den ADAM JAN VAN EYCKS in der Galerie zu Brüssel sowie an MEMLINGS Bilder in dem Johannishospital zu Brügge. Es ist sehr beachtenswert, daß schon LEONARDO DA VINCI vor dieser minutiösen Malerei warnt und über die Maler spottet, welche alle Kopfhaare getrennt zeichnen.

parallel. Die Änderung der malerischen Ausdruckmittel geschieht nicht zufällig, läßt vielmehr stets darauf schließen, daß die alten Andruckmittel dem vom Künstler gewählten neuen Stoff oder der von diesem Stoff geforderten Art der Darstellung nicht mehr adäquat sind. An anderer Stelle wird das, was ich hier nur anzudeuten vermochte, auszuführen und durch Beispiele zu belegen sein.

Die Bedeutung der Akkommodationslinie für den Künstler. Es mag gestattet sein, an dieser Stelle einige kurze Ausführungen über die Bedeutung der Akkommodationslinie für den zeichnenden und malenden Künstler einzuflechten. Da die meisten Bilder so betrachtet werden sollen, daß sich die Bildfläche in frontalparalleler Orientierung zum Beschauer befindet, so muß jede Änderung der Akkommodation die auf dem Bilde festgehaltenen Konturen in ihrer Gesamtheit deutlicher oder undeutlicher werden lassen. Bei einer Änderung der Akkommodation gegenüber dem Ausschnitt der Welt selbst, welcher auf dem Bild dargestellt ist, braucht ein solches gleichmäßiges Deutlicher- oder Undeutlicherwerden aller wahrgenommenen Konturen durchaus nicht einzutreten. Besitzt dieser Ausschnitt nur eine gewisse Tiefe, so stellt sich, wenn die Einstellung des Auges von näheren Objekten auf entferntere übergeht, mit dem Undeutlicherwerden der näheren ein Deutlicherwerden der entfernteren Objekte ein. Wie findet sich der Künstler mit der für ihn bestehenden Nötigung ab, allen von ihm darzustellenden Objekten einen festen Deutlichkeitsgrad zu geben? Kommt diese durch die Eigentümlichkeit seiner Darstellungsmittel bedingte Nötigung in widerspruchsvollen Darstellungen der dritten Dimension zum Ausdruck, sind ev. Bemühungen des Künstlers nachweisbar, solchen widerspruchsvollen Darstellungen zu entgehen?

Max Foth hat in seiner Studie über die Unschärfe moderner Bilder[1] darauf aufmerksam gemacht, es sei auf Bildern alter Meister vielfach nicht dem Umstand Rechnung getragen, daß wir Objekte, die eine verschiedene Entfernung von uns einnehmen, in verschiedener Schärfe sehen. Objekte des Vorder- und Hintergrundes werden (wie z. B. bei Raffael) mit denselben Deutlichkeitsgraden wiedergegeben. Sicher ist es teilweise eine Folge dieser elementare physiologische Verhältnisse übersehenden Darstellungsart, wenn

[1] Zeitschr. f. Ästhetik u. allgem. Kunstwiss. Bd. 4, 1909, S. 456 ff.

ältere Bilder, die hinsichtlich der Perspektive einwandfrei durchgeführt sind, hinsichtlich der Intensität der räumlichen Wirkung hinter vielen modernen Bildern, bei deren Ausführung jener Umstand in einer unten näher anzugebenden Weise berücksichtigt worden ist, zurückstehen.

Die Bedeutung, welche die Akkommodation des Auges für die Darstellung des Künstlers besitzt, läßt sich erst durch die Berücksichtigung der Tatsache der Akkommodationslinie ganz verstehen. Auf den meisten Bildern europäischer Kunst haben die Künstler auf die Darstellung der dritten Dimension nicht verzichtet. Normalerweise soll also durch diese Bilder der Eindruck einer gewissen räumlichen Tiefe ausgelöst werden. Die Erstreckung von demjenigen Punkt des Gemäldes, der dem Beobachter am nächsten, bis zu demjenigen, der in größter Entfernung von ihm erscheinen soll, wollen wir als die Gemäldetiefe bezeichnen. Unter der Voraussetzung, daß es ein vom Künstler erstrebenswertes Ziel ist, die Deutlichkeitsverhältnisse der dargestellten Objekte denen gleichzumachen, die man bei Betrachtung der Objekte selbst erhalten kann, wird sich der Umstand, daß der Künstler alle Objekte in derselben Fläche zur Darstellung bringen muß, im allgemeinen um so weniger störend geltend machen, je kleiner er die Gemäldetiefe wählt. Decken sich die Gemäldetiefe und die Akkommodationslinie, welche der vom Künstler vorgeschriebenen Betrachtungsdistanz seines Gemäldes korrespondiert, ihrer Größe nach, so kann der Künstler bei der Darstellung der Deutlichkeitsgrade des von ihm gewählten Weltausschnittes leicht alles vermeiden, was wegen der akkommodativen Funktion des Auges der räumlichen Illusion seines Werkes störend werden könnte.

Die Wirkung der räumlichen Geschlossenheit, die von gewissen Kompositionen in besonderem Grade ausgeht, scheint nicht zum wenigsten dem Umstand zu verdanken zu sein, daß bei diesen Kompositionen der Existenz der Akkommodationslinie in geschickter Weise Rechnung getragen worden ist. Der Künstler rückt das, was er darstellen will, in einen Raum geringer Tiefe zusammen, der bei der vom Beobachter einzunehmenden Betrachtungsdistanz ganz innerhalb der Akkommodationslinie liegt. Man denke hier an die Porträts, die Whistler von Carlyle und von seiner Mutter geschaffen hat. Die dargestellten Personen sind, dazu en profil, vor eine zum Beobachter frontalparallele Wand gesetzt, die den Hintergrund ganz abschließt. Bei diesen

beiden Gemälden bleibt die Gemäldetiefe sicher unterhalb 1,5 m. Das von Whistler hier gewählte Kompositionsprinzip ist auch von anderen Meistern mit einer gewissen Vorliebe angewandt worden. Es dürfte sich empfehlen, die Bedeutung des vorstehend geltend gemachten Gesichtspunktes beim Studium der Darstellung des Raumes in den verschiedenen Epochen der Gemäldekunst zu erproben.

Anhang.

Zur Frage nach dem phänomenalen Grün.

Wenn wir hier auf die neuerdings von Brentano[1] aufgenommene Frage nach dem phänomenalen Grün eingehen, so geschieht es nicht aus dem Grunde, weil sie logischerweise in den Umkreis der von uns behandelten Farbenprobleme fiele. Da ihre Diskussion aber auch Gelegenheit bietet, gewisse Betrachtungen anzustellen über die Natur der Deskription farbiger Verhältnisse, die wir in der vorliegenden Arbeit an vielen Stellen ausgeführt haben, so mag sie in diesem Anhang ihre Stelle finden. Obendrein enthalten die Überlegungen, die hier anzustellen sind, sachliche Ergänzungen zu den obigen Ausführungen über Durchdringung bunter Komponenten von Farbenerlebnissen (S. 273 f.) und bereiten eine Psychologie des Malers vor, wie ich sie an anderer Stelle zu geben hoffe.

Bei der Frage nach dem phänomenalen Grün vernachlässigen wir alle sekundären Momente, die man zur Entscheidung der Frage heranziehen könnte und herangezogen hat (negatives Nachbild, Fälle von Farbenblindheit und ähnliche Momente) und beschränken uns durchaus auf die Momente, welche im Erlebnis der Farben selbst gelegen sind. Ich halte es nicht für zweckmäßig, der Frage die allgemeine Form zu geben, ob im Grün gleichzeitig Gelb und Blau zu sehen sei. In dieser Form leidet sie an großer Unbestimmtheit und läßt eine Beantwortung nicht zu, wenn man nicht erst feststellt, was für eine Bewandtnis es mit dem Enthaltensein von Komponenten in Farbenphänomenen hat, die sich der ersten Betrachtung als durchaus einfach geben. Es führt schneller zum Ziel, von einem allgemeiner anerkannten Fall eines solchen Enthaltenseins von Komponenten in einem Farbenphänomen auszugehen und vergleichend auf ihn bei der

[1] Siehe dessen auf S. 276 zitierte Schrift.

Frage nach dem phänomenalen Grün zu rekurrieren. Daß im Violett in einer gewissen Weise Blau und Rot, im Orange in ähnlicher Weise Gelb und Rot enthalten sei, dürfte wohl von den meisten Beobachtern zugestanden werden. Daran anknüpfend kann man fragen: Ist im Grün Gelb und Blau in der gleichen Weise enthalten wie im Violett Rot und Blau, im Orange Rot und Gelb? Ohne Zweifel gibt es nun eine große Reihe von Forschern, welche die Frage in dieser Fassung verneinen würden. Brentano dürfte bei seinen Untersuchungen diese enger gefaßte Frage im Auge gehabt haben. Indem er sie bejaht, beruft er sich gleichzeitig auf das Urteil Göthes und der für die Farbenunterscheidung „geübtesten Augen" der Maler, denen er sein Grün zur Beurteilung vorgelegt hat. Das Merkwürdige der Tatsache, daß diese Frage von verschiedenen Beobachtern in entgegengesetztem Sinne beantwortet wird, wird besonders dadurch offenbar, daß es sich hier um die Beschreibung eines einfachen Farbenerlebnisses handelt, nicht einer Phantasievorstellung, deren Flüchtigkeit ihrer Beschreibung eine besondere Schwierigkeit darbieten könnte. Durch bestimmte Maßnahmen läßt sich die Annahme ausschließen, es sei eine individuelle Verschiedenheit des Erlebens der Farbeneindrücke sowie eine Vieldeutigkeit der zur Beschreibung verwendeten Termini mit im Spiele. Man bringe sich die problematischen Farben nicht in Isoliertheit zur Anschauung, sondern innerhalb längerer Farben*reihen*. So muß das fragliche Orange in eine Farbenreihe gestellt werden, die sich auf der einen Seite bis zu einem ausgesprochenen Gelb, auf der anderen Seite bis zu einem entschiedenen Rot erstreckt. Zur Darstellung eignen sich Pigmentfarben von hoher Sättigung, die nötigenfalls auf Farbenkreiseln gemischt werden. Bei einer Betrachtung dieser Farbenreihe kann man sich zur Anschauung bringen, welchen Sinn man dem Satze beilegen will, Orange *enthalte* Rot und Gelb als seine Komponenten. Werden die Übergänge innerhalb dieser Reihe von mehreren Beobachtern in der gleichen Weise charakterisiert, so hat man ein Recht zu der Annahme, daß auch die bezeichneten Farbenerlebnisse bei ihnen von der gleichen Art sind. Neben dieser Farbenreihe stelle man sich in gleicher Weise eine solche her, die vom Gelb durch grünlichgelbe, grüne und grünblaue Farben zum Blau führt. Indem man nun beide Reihen hinsichtlich der entsprechenden Glieder miteinander vergleicht, lege man sich die Frage vor, ob man wirklich von allen grünen Farbentönen

aussagen kann, daß sie Gelb und Blau in der gleichen Weise enthalten wie die orangefarbigen Töne Rot und Gelb. Daß man dies nicht tun kann, scheint mir vor allem dann klar zu werden, wenn ich die Aufmerksamkeit vergleichsweise auf ein dem Gelb sehr nahestehendes Grüngelb und ein ebensolches Rotgelb richte. Dem rötlichen Gelb sehe ich eine gewisse Rötlichkeit wohl an, dagegen halte ich es nicht für möglich, daß jemand in dem grünlichen Gelb eine Bläulichkeit entdeckt, was doch nach der Brentanoschen Auffassung des Grün der Fall sein müßte. Denselben Erfolg hat für mich ein Vergleich zwischen einem gelblichen Rot und einem eben noch grünlichen Blau. Es ist anzunehmen, daß bei der von uns angegebenen Einrichtung der Versuche eher eine Übereinstimmung in den Aussagen zu der oben gestellten Frage erzielt werden wird als bei der isolierten Darbietung von Grün.

Wie aber die Versuche auch ausfallen mögen, es bleibt die Aufgabe bestehen, das Urteil der Beobachter, welche im Grün in der gleichen Weise Gelb und Blau wahrzunehmen glauben wie im Orange Gelb und Rot, psychologisch verständlich zu machen. Da ist zunächst darauf hinzuweisen, daß das Grün hinsichtlich seiner Helligkeit und seines Gefühlstons[1] zwischen den Farben Gelb und Blau steht. Man kann die Existenz der vier Urfarben betonen, ohne damit eine absolute Unähnlichkeit zwischen ihnen zu behaupten. So hat für mich die Urfarbe Grün eine gewisse Ähnlichkeit zu den Urfarben Gelb und Blau, die größer ist als die zwischen den Urfarben Grün und Rot. Diese Ähnlichkeit berechtigt aber nicht dazu, das Grün als Gelbblau anzusprechen.

Von größerer Wichtigkeit ist der folgende Gesichtspunkt, der sich aus einer Arbeit H. Westphals über unmittelbare Bestimmungen der Urfarben[2] ergibt. Westphal ermittelte die Tatsache, „daß es bei Aufsuchung einer Urfarbe (z. B. Urrot) dem Beobachter nicht immer möglich war, einen Punkt festzustellen, wo die betreffende Farbe (Rot) zu keiner der beiden Nachbarfarben (Gelb und Blau) eine nähere Verwandtschaft besaß (weder gelblich noch bläulich erschien) und wo sich . . . aus der gebenenen Farbe weder die eine noch die andere der beiden Nachbarfarben

---

[1] Dieser Umstand dürfte Göthe bei der Wichtigkeit, welche er dem Gefühlston der Farben beimaß, vor allem bestimmt haben, das Grün als Gelbblau aufzufassen.

[2] Zeitschr. f. Sinnesphys. Bd. 44, 1909.

„herauserkennen“ ließ. In solchem Falle war die sog. Urfarbe dadurch charakterisiert, daß die allerdings nur sehr schwache Ähnlichkeit zu der einen benachbarten Urfarbe gleichgroß erschien wie die Ähnlichkeit zu der anderen benachbarten Urfarbe.“ Als ich selbst bei diesen Versuchen Beobachter war, mußte ich mich bei der Einstellung des Urgrün damit begnügen, ein solches Grün einzustellen, das ebenso weit nach dem Gelb wie nach dem Blau neigte. Streng genommen handelte es sich dabei um ein s u k z e s s i v e s Gelblich- und Bläulich-Erscheinen desselben Reizlichtes. Die spurenweise Andeutung der Nachbarfarben in den Urfarben, wie sie bei diesen Einstellungen vorhanden ist, ist natürlich von ganz anderer Art als das Enthaltensein je zweier Urfarben in den zwischen ihnen liegenden Farbentönen, z. B. des Rot und Gelb in dem Orange. Westphal erklärt: „Wenn Brentano auf Grund davon, daß einige Personen erklärt haben, im reinen Grün sowohl Gelb als Blau zu erkennen, die Behauptung aufstellt, daß die Grünempfindung die Empfindung von Gelbblau sei, so würde mit gleichem Rechte nach meinen Ergebnissen zu schließen sein, daß die Empfindung von Rot gleichfalls eine Empfindung von Gelbblau sei und die Gelbempfindung eine Empfindung von Rotgrün sei.“ (A. a. O. S. 230 Anm.)

Brentano führt als Kronzeugen für die Behauptung, daß im Grün Blau und Gelb als Komponenten enthalten seien, die Maler an, welchen er Grün zur Beurteilung vorgelegt hat, weil sie die für die Farbenunterscheidung „geübtesten Augen“ haben. Wir wollen prüfen, inwieweit wir von einer Kompetenz der Maler für diese Beurteilungen sprechen dürfen. Dem Maler muß im allgemeinen Übung in gewissen Betrachtungsweisen von Farben in weit höherem Maße eignen als dem Laien; feines Gefühl für Farbwerte und Harmonien von Farben sind ihm natürlich unentbehrlich. Es ist jedoch etwas anderes, eine besondere Fähigkeit in der Komposition von Farbenharmonien zu besitzen und Farben richtig in E m p f i n d u n g s k a t e g o r i e n einzuordnen. Darüber, wie sich die Maler in der letzteren Beziehung im Gegensatz zu den Nichtmalern verhalten, läßt sich mangels so ziemlich jeder empirischen Unterlage sehr wenig aussagen. Es erscheint zweckmäßig, hier zu scheiden zwischen der Auffassung von Flächenfarben oder Oberflächenfarben normaler Beleuchtung und Oberflächenfarben nicht-normaler Beleuchtung, überhaupt zwischen Farbeneindrücken, die sich bei Reduktion auf eine nor-

male Beleuchtung gar nicht und solchen, die sich stark ändern. Für Farbeneindrücke der ersteren Art scheint der Maler bei weitem nicht eine so große Empfindlichkeit in der psychologischen Bedeutung des Wortes zu besitzen, wie man sie für gewöhnlich voraussetzen möchte. Unterwirft man z. B. Maler einer Farbenschwellenuntersuchung, so überragen sie, wie HEINE und LENZ in ihrer auf S. 186 angeführten Arbeit zeigen konnten, an Farbentüchtigkeit (gemessen an Schwellenwerten) den Nichtmaler keineswegs in dem erwarteten Grade. Anders scheint die Sache bei Farben der anderen Kategorie zu liegen. Es bot sich mir leider keine Gelegenheit, ausübende Maler zu messenden Versuchen in dieser Angelegenheit heranzuziehen. Soviel scheint mir aber aus gelegentlich von Malern gegebenen Auskünften zu folgen, daß sie bei der Auffassung nicht normal beleuchteter Oberflächenfarben viel mehr dahin tendieren, die betreffenden Farben, ohne sich bei ihrer Betrachtung reduzierender Mittel zu bedienen, so aufzufassen, wie sie sich nach Reduktion auf eine normale Beleuchtung geben würden.[1] Diese Neigung gibt sich dann zu erkennen, wenn man an den Maler die Frage richtet, welche Farbe er zur Darstellung eines Farbeneindrucks auf der Leinwand verwenden würde. Diese Frage ist die dem Maler am nächsten liegende. Und damit kommen wir auf den springenden Punkt unserer Ausführungen. Der Maler betrachtet die Farben nicht mit der Absicht, sie in phänomenologische Wahrnehmungskategorien einzuordnen. Es ist darum auch stets erst festzustellen, ob der Maler bei der Verwendung bestimmter auf Farben bezüglicher Termini mit ihnen denselben Sinn verbindet wie der Farbenphänomenologe. Es muß betont werden, daß des Malers wesentliche technische Arbeit darin besteht, die gesehenen Farben auf der Palette durch Mischung herzustellen. Mag der Maler seinen Ausgang auch von der Zerlegung eines Farbeneindrucks in seine phänomenologischen Komponenten nehmen, so ist sein analysierendes Sehen doch gleichzeitig auf das Herausfinden der Pigmente gerichtet, deren Mischung eine gewünschte Wirkung gibt. Die phänomenologischen Komponenten einer Farbe sowie ihre Pigmentkomponenten können dieselben sein, in vielen Fällen sind sie es bestimmt nicht. Wenn der Maler von einer Zusammensetzung des Grün

---

[1] Vgl. hierzu das auf S. 193 von UTITZ Angeführte.

aus Gelb und Blau spricht, so hat er m. E. die häufigst geübte Zusammensetzung des Grün auf der Palette im Auge. Nun hat zwar Brentano dieser Ansicht zu begegnen versucht, indem er behauptet, wenn die Maler durch ihre Kenntnis von der Mischung von Gelb und Blau zu Grün zu der Behauptung verführt würden, im Grün erkenne man in anschaulicher Weise Gelb und Blau als Komponenten, sie auch auf demselben Wege zu der Behauptung kommen müßten, im Grün sei Gelb und Schwarz und im Gelb Rot und Grün enthalten. Auf diesen Einwand ist zu entgegnen: Eine Mischung von gelben und schwarzen Pigmenten erscheint allerdings grünlich. Es ist aber doch zu bedenken, daß der Maler seltener diese Mischung wählt, um Grün herzustellen, als die Mischung von Gelb und Blau. (Noch weniger häufig wird er Gelb aus Rot und Grün mischen.) Wenn es daher auch nicht vorkommen würde, daß die Maler in gewissen grünlichen Tönen Gelb und Schwarz wahrzunehmen glauben, so könnten sie sich auf Grund der Häufigkeit ihrer Erfahrungen immer noch eher dazu verführen lassen, im Grün Gelb und Blau als Schwarz und Gelb zu sehen. Welche Auskunft geben aber die Maler selbst? Als ich eine Reihe ausübender Künstler[1] unter Vorlegen von Farbenproben über diese befragte, wobei ich Suggestivfragen so weit als möglich vermied, ward mir folgende Auskunft: Man kann sagen, daß im Grün Gelb und Blau ebensowohl als Komponenten wahrgenommen werden wie im Orange Gelb und Rot. Aber es gibt auch grüne Nuancen, in denen Schwarz und Gelb gesehen werden. Es ist wahrscheinlich, daß die Mischung der Farben auf der Palette dahin wirkt, die dazu verwendeten Pigmente in der darzustellenden Farbe selbst zu sehen. Einige Beobachter gaben zu diesem Punkt weiter an, daß bei Betrachtung fast einer jeden Farbe sich dieselbe nahezu zwangsmäßig in die Komponenten zerlegt, aus der sie auf der Palette zu mischen ist. So erkennt der Maler auch sofort, ob er zur Herstellung eines ihm vorliegenden Grün besser ein wärmeres oder ein kälteres Gelb oder Blau verwendet. Durch diese Ausführungen wird es gerechtfertigt, wenn wir davor warnten, die Ausdrucksweise der Maler in phänomenologischem Sinne zu deuten; der Maler bringt eben seine und nicht die phänomenologische Betrachtungsweise an die Farben heran.

---

[1] Unter den Herren befanden sich Herr Prof. Kolitz-Kassel und Herr Kunstmaler Hans Meyer-Kassel.

Es ist nicht ganz berechtigt, in Beziehung auf jenes Farbenerlebnis des Malers, in dem sich ihm Gelb und Blau oder auch Gelb und Schwarz als Komponenten des Grün geben, schlechtweg von einer T ä u s c h u n g zu sprechen. Die vom Maler beständig geübte Analyse der Farben kann dahin wirken, daß ihm die Pigmentkomponenten in dem Farbeneindruck in irgendeiner Weise anschaulich erscheinen, aber in einer Weise, die sich von der Art des Gegebenseins von Gelb und Rot im Orange, des Rot und Blau im Violett unterscheidet. Warum sollten aus der individuellen Erfahrung des Malers, aus der Gewohnheit, die Farben auf der Palette zu neuen Einheiten zu mischen, nicht neuartige Farbenerlebnisse entspringen? Mit der Möglichkeit neuartiger aus der Erfahrung entspringender D u r c h d r i n g u n g e n von farbigen Komponenten ist zu rechnen. Ich erinnere hier an die Tatsache, daß manche meiner Beobachter bei weißen Farben herabgesetzter Beleuchtung eine schwärzliche und eine weißliche Komponente in der Anschauung sondern (s. z. B. S. 129), was ihnen bei der schwarzen und weißen „Komponente“ eines normal beleuchteten Grau durchaus fernliegt. Auch sei hier an die aus der Erfahrung entspringenden Farbenerlebnisse erinnert, in denen eine Oberflächenfarbe in buntfarbiger, zuweilen komplementärfarbiger Beleuchtung erscheint.

Es liegt natürlich der Gedanke nahe, die Frage nach dem phänomenalen Grün auch durch Heranziehung von Personen, die mit den Gesetzen der Farbenmischung noch nicht vertraut sind, einer Entscheidung entgegenzuführen. Wenngleich das Ergebnis der mitzuteilenden Versuche im Hinblick auf den speziellen Versuchszweck als negativ zu bezeichnen ist, so möchte ich es doch wegen des allgemeinen Interesses, das es beanspruchen kann, nicht unterdrücken. Beobachter waren ca. 80 8—9 jährige Mädchen einer Volksschule, die über die hier in Frage kommenden Farbenmischungen in der Schule noch keine Unterweisung erhalten hatten. Die Resultate machen es auch unwahrscheinlich, daß dies von anderer Seite bereits geschehen war. Es wurde den Kindern zunächst eine große rote, blaue und gelbe Gelatineplatte vor einem weißen Hintergrund gezeigt. Die Farbennamen wurden richtig genannt. Nun wurde den Kindern demonstriert, daß man durch Übereinanderlegen der roten und blauen Platte Violett erzeugen könnte. Darauf wurde ihnen ein Grün gezeigt, und sie erhielten die Aufforderung, von den drei Farben Rot, Gelb und Blau diejenigen zwei zu notieren, durch deren Übereinanderlegen man Grün erhalten würde. Resultat: Die drei möglichen Kombinationen dieser drei Farben zu zweien kamen annähernd mit gleicher Häufigkeit vor; die Kombination Gelb-Blau erfuhr also keine Bevorzugung. Dasselbe Resultat erhielt ich aber, als ich nach der Zusammensetzung eines vorgezeigten Orange fragte. Dabei kam es

nur in sehr wenig Fällen vor, daß diejenigen Kinder, welche in beiden Fällen überhaupt ein Farbenpaar notierten, beidesmal dasselbe angaben. Die Versuche zeigen, daß es dem in den Farbenmischungsgesetzen Unerfahrenen dieses Alters ohne Unterweisung nicht gelingt, die Pigmentkomponenten einer Farbe aufzufinden. Eine Nachprüfung dieser Versuche mit Individuen, die anderen Gesellschaftskreisen angehören, wäre erwünscht.[1]

---

[1] Es mag hier an die von CHR. LADD FRANKLIN mitgeteilte Beobachtung erinnert werden, daß ihr Töchterchen scheinbar bei dem ersten Anblick eines Violett dessen beide Komponenten Rot und Blau erkannte. Psychological Review Bd. 8, 1901, S. 398.

Abschnitt V.

Entwurf zu einer Erklärung unserer Beobachtungen und Versuche.

§ 33. Die Annahmen, welche Helmholtz und Hering für eine Erklärung des Wiedererkennens von Farben bei Wechsel der Beleuchtung gemacht haben.

In stärkerem Maße als es zuvor geschehen ist, haben wir in der vorliegenden Arbeit auf die mannigfachen gesetzmäßigen Beziehungen zwischen den beiden Momenten „Beleuchtung“ und „Beleuchtetes“ hingewiesen, die, wenn es sich um Oberflächenfarben handelt, in den Farbenerlebnissen voneinander zu trennen sind; diese Beziehungen haben wir, soweit es uns im Rahmen dieser Arbeit möglich schien, auch messend zu bestimmen versucht. Die folgenden Ausführungen sollen den Weg weisen, auf dem die Erklärung der auf diese Beziehungen bezüglichen Beobachtungen liegen dürfte.

Bekannt ist die Auffassung, die Helmholtz an die Tatsache heranbringt, daß wir bei wechselnder Stärke der Beleuchtung die Gegenstände doch mit ihren verschiedenen Farben verhältnismäßig richtig wiederzuerkennen vermögen. Je nach der herrschenden Beleuchtungsstärke sollen wir einen verschiedenen „Maßstab“ an unsere Gesichtsempfindungen anlegen und so z. B. einen bei bestimmter Beleuchtung weißen Körper auch dann noch wegen des veränderten Maßstabs, den wir an die Lichtstärken anlegen, als weißen auffassen, wenn er ganz beträchtlich weniger Licht als vordem in das Auge schickt. Auch wenn diese Auffassung alle empirisch aufweisbaren Verhältnisse, die beim Wiedererkennen von Farben in Betracht kommen, berücksichtigte, was sie insofern nicht tut, als sie die tatsächlich mit den

Beleuchtungsänderungen eintretenden Qualitäts- und Eindringlichkeitsänderungen der Farben übersieht, so wäre sie doch den berechtigten Einwänden Herings ausgesetzt. „Da wir .... nur auf Grund der Farben, in welchen wir die Dinge sehen, zur Kenntnis der Beleuchtungsintensität als des angeblichen Maßstabes unserer Abschätzungen kommen könnten, andererseits aber eben diese Farben erst das Ergebnis dieser Abschätzungen sein sollen, so bewegt sich die soeben geschilderte Auffassung (d. h. die Helmholtzsche Auffassung vom Wiedererkennen der Farben) in einem unfruchtbaren Zirkel.“ [1] Auf der anderen Seite vermag ich Hering, wenn ich ihn bei der von ihm gebotenen positiven Erklärung der Tatsache, daß die Gegenstände trotz des Wechsels der Beleuchtung annähernd eine Farbenbeständigkeit wahren, recht verstanden habe, nicht in jedem Punkte zuzustimmen. So viel ist sicher, daß nach ihm bei der Erklärung dieser Tatsache den physikalischen (Pupille) und physiologischen (Wechselwirkung der Sehfeldelemente) Anpassungsvorrichtungen fast die ganze Last zufällt.[2] Nur ist aus seinen Ausführungen nicht deutlich zu ersehen, welche Tragweite er diesen Anpassungsvorrichtungen im einzelnen zuerkennt. Man mutet ihnen wohl zu viel zu, wenn sie bewirken sollen, daß ein Gegenstand von tonfreier oder bunter Farbe bei starker (wenn auch nicht sehr starker) tonfreier oder bunter Beleuchtungsänderung dieselbe Wirkung oder annähernd dieselbe Wirkung auf das Auge ausübt. Ein solcher Effekt der Anpassungsvorrichtungen wäre nicht einmal als erwünscht zu bezeichnen; denn er würde den Beleuchtungswechsel ganz oder doch nahezu ganz kompensieren und damit unwahrnehmbar machen. Der Annahme einer so beträchtlichen Wirkung der Anpassungsvorrichtungen würde durchaus widersprechen, was wir beständig erleben, daß wir nämlich nicht nur

[1] Hering VI, S. 20.

[2] Vgl. hierzu G. E. Müller. Zur Grundlegung der Psychophysik. Berlin 1878. S. 419. „Allein Hering schlägt den Einfluß der Netzhautadaptation und der Variabilität der Pupillenweite zu hoch an und seine Behauptung, daß die subjektiven Helligkeiten der Dinge annähernd konstant blieben, schlägt den allertäglichsten Erfahrungen ins Gesicht.“

Alle unsere Versuche, bei denen eine den Lichteinfall regulierende Wirkung der Pupille in Frage kommt, lassen sich mit einer künstlichen, dicht vor das Auge gebrachten Pupille, die dem Licht stets die gleiche Durchtrittsöffnung gewährt, anstellen, ohne daß man eine wesentliche Änderung in den beobachteten Erscheinungen konstatieren könnte.

die tonfreie oder bunte Beleuchtungsänderung selbst wahrnehmen, wenn sie nur eine gewisse Grenze überschreitet, sondern daß wir auch jederzeit tatsächlich über die gerade herrschende Beleuchtung recht gute Auskunft zu geben vermögen. Jener Annahme Herings würden weiter alle die in ihrer Tatsächlichkeit doch nicht bestreitbaren Änderungen der Oberflächenfarben selbst entgegenstehen, die erst als Folgen von Änderungen der Beleuchtungsstärken und -arten möglich sind, deren Untersuchung wir fast den ganzen dritten und vierten Abschnitt dieser Arbeit widmeten. Neben der nach Hering ausschlaggebenden Wirkung, welche den peripheren Faktoren bei der Erhaltung der angenäherten Farbenbeständigkeit der Sehdinge zukommt, spielen die „psychologischen" Faktoren, deren Einfluß auf dieses Resultat Hering anerkennt, eine verhältnismäßig nebensächliche Rolle. Sie sollen in der Gestalt der Gedächtnisfarben bei der Wahrnehmung solcher Objekte, für die sich Gedächtnisfarben ausgebildet haben, ihren Einfluß auf den eintretenden Farbeneindruck geltend machen. Es entspricht nicht der Definition des Begriffs Gedächtnisfarbe, die Hering bei dessen Einführung gibt, die eigentliche Farbe eines jeden Dinges auch ohne weiteres als dessen Gedächtnisfarbe zu bezeichnen. Es wird dabei vielmehr vorausgesetzt, daß das betreffende Ding bereits mehrfach gesehen worden ist, sodaß sich zur Ausbildung seiner Gedächtnisfarbe Gelegenheit bot. Sofern nicht Objekten ihrer Natur nach eine bestimmte Farbe zukommt (Blut, Kohle, Schnee usw.), kann sich eine Gedächtnisfarbe für sie nur ausbilden, wenn sie in gewisser Weise individuell bestimmt sind, etwa als dieser oder jener ganz bestimmte Hut, Tisch, Handschuh usw. Meist sind die zu einer bestimmten Klasse von Objekten gehörigen Einzelgegenstände nicht von einer so gleichartigen künstlichen Färbung, daß wir von dem Einzelgegenstand aus mit einiger Wahrscheinlichkeit auf dessen eigentliche Farbe schließen könnten.[1] Ich vermag hiernach nicht einzusehen, wie bei individuell nicht bekannten Objekten, die sich unter beliebigen Beleuchtungsverhältnissen darbieten, deren „Gedächtnisfarbe" eine Rolle spielen

[1] Das schließt wieder nicht aus, daß wir gewisse allgemeine Erwartungen in bezug auf die Farben von Objekten haben, die einer bestimmten Klasse angehören. Die Wahrnehmung eines smaragdgrünen Pferdes würde uns vermutlich ebensosehr überraschen wie die eines purpurroten oder blauen Brotes.

soll. Es wird sich häufig ereignen, daß eher die farbigen Qualitäten dieser Objekte als sie selbst erkannt werden. Den tonfreien und bunten Papieren, die bei unseren Versuchen Verwendung fanden, kam sicher, wie schon oben (S. 216) bemerkt, keine Gedächtnisfarbe zu, denn es liegt weder allgemein im Wesen eines Papieres, schwarz oder weiß oder sonstwie gefärbt zu sein, noch waren die von uns verwendeten Papiere irgendwie ausgezeichnet, wodurch den Beobachtern Winke zur Reproduktion von Gedächtnisfarben gegeben worden wären. Ich kann hiernach den Gedächtnisfarben weder bei unseren Versuchen noch ganz allgemein eine große Bedeutung beim Wiedererkennen von Farben zuerkennen. Es fällt ihnen im großen ganzen nur eine bescheidene Rolle zu.

Meines Erachtens wirken die von HERING angeführten adaptativen Faktoren — abgesehen von ihrer Bedeutung als Schutzmittel gegen zu starkes Licht — mehr im Kampfe mit den Unvollkommenheiten des dioptrischen Apparates des Auges (falsches Licht infolge des Astigmatismus der Abbildung sowie andere Unvollkommenheiten) für die Ausbildung scharfer Konturen und bewerkstelligen so mehr auf einem indirekten, unten (Abschnitt VI) noch näher zu bezeichnenden Wege das sicherere Wiedererkennen der Oberflächenfarben im Wechsel der Beleuchtung, als daß sie „die angenäherte Farbenbeständigkeit der Sehdinge" auf dem direkten, von HERING angegebenen Wege erreichten. Die Bedeutung der Wechselwirkung der Sehfeldstellen zur Vernichtung des falschen Lichtes und Verschärfung der Konturen hat HERING selbst in so vollendeter Weise dargestellt, daß dem nichts hinzuzufügen ist (HERING VI, S. 151 ff.). Wie man sich im Dienste derselben Angelegenheit das Pupillenspiel (die Iris mit der Funktion der Blende an der photographischen Kamera) vorzustellen hat, dazu vergleiche man z. B. FR. SCHENKS Ausführungen.[1] Man kann mit einigem Recht behaupten, daß die Wechselwirkung der Sehfeldstellen in gewissen Fällen dem Wiedererkennen von Farben geradezu h i n d e r l i c h ist. Eine Fahnenstange mit weißem Anstrich, ein ebenso angestrichenes Fensterkreuz erscheinen vor dem hellen Himmel als Hintergrund grau bis schwarz. Solche Fälle, wo durch Flächenkontrast das Erkennen von Farben gestört wird, begegnen uns auf Schritt und Tritt. Eine Wechselwirkung der Sehfeldstellen oder andere physiologische Einrich-

[1] In dem früher zitierten Handbuch d. Physiol. von NAGEL, S. 79 f.

tungen, die nur der Verschärfung der Konturen dienten, ohne von dem Flächenkontrast begleitet zu sein, wären dem Wiedererkennen der Farben von Flächen zweifellos günstiger.

§ 34. Wie kommen wir zu der Scheidung von Beleuchtung und Beleuchtetem?

Von grundlegender Bedeutung für die von uns zu unternehmende Lösung der Fragen, die aus der Beziehung zwischen Beleuchtung und Beleuchtetem entstehen, ist die Beantwortung der Frage, wie wir überhaupt dazu kommen, zwischen diesen beiden Momenten der Farbenwahrnehmung zu scheiden. Warum schreiben wir den Objekten die Farben als feste Eigenschaften zu und fassen sie nicht eben wegen des Wechsels der Beleuchtung als ebenso zufällige Zuständlichkeiten der Gegenstände auf wie etwa ihre Temperaturzustände? Die Gegenstände erfahren tagsüber bei bewölktem oder unbewölktem Himmel — man kann fast sagen — stundenlang eine Beleuchtung, die nicht sehr stark wechselt; die geringfügigen farbigen Änderungen, welche sie während längerer Zeit infolge des Stellungswechsels der Sonne oder Änderungen in der Bewölkung erfahren, gehen so gemächlich und stetig vor sich, daß auch sie sich der Wahrnehmung wegen der Tatsache der Veränderungsschwelle ganz oder fast ganz entziehen können. Während dieser Zeit sind wir den Objekten bei offenen Augen ob mit mehr oder weniger willkürlicher Aufmerksamkeit, so doch beständig zugewandt, sodaß in dem relativen Sichgleichbleiben der Farben der Gegenstände auch bei aufmerksamer Betrachtung eine starke Nötigung liegt, die Farben als nicht zufällige Eigenschaften der Gegenstände aufzufassen und sich ihrer als Mittel ihrer Identifizierung zu bedienen. Diese Betrachtung gilt sowohl für den Fall, daß ein trüber Wintertag als ein heller Sommertag in Frage steht. In dem gleichen Sinne wirken unsere Farbenerlebnisse bei künstlicher Beleuchtung verschiedenster absoluter Stärke. Das Papier, welches wir beschreiben, der Schreibtisch, an dem wir sitzen, ändern beide bei künstlicher Beleuchtung ihre Farben meist während längerer Zeit nicht in merkbarer Weise. Ein Organismus, dessen Auge nicht mit den Anpassungsvorrichtungen des menschlichen Auges versehen ist, müßte nach meiner Ansicht unter den Verhältnissen des Sehens, die wir eben gekennzeichnet haben, auch dazu kommen,

die Farben als feste Eigenschaften der Objekte aufzufassen. Es ist der Ausbildung dieser Auffassung natürlich förderlich, wenn sie noch durch Vorrichtungen unterstützt wird, die bei dem Wechsel der Beleuchtungsstärke oder Beleuchtungsart ausgleichend wirken, und es soll auch deren Mitwirkung für das menschliche Auge nicht bestritten werden. So wie sich das Bewußtsein von den Farben als festen Eigenschaften der Dinge aus diesen Farbenerlebnissen kristallisiert, stellt sich gleichzeitig als Korrelat zu den festen Farben das Bewußtsein einer Beleuchtung der Objekte als desjenigen Faktors ein, welcher den deutlich wahrnehmbaren Wechsel des farbigen Eindrucks der Objekte bei Änderung gewisser Bedingungen der Wahrnehmung verursacht. Der stärkste Anstoß zur Heraushebung einer Beleuchtung überhaupt muß natürlich von der Tatsache ausgehen, daß bei vollständiger Dunkelheit die Gegenstände mit ihren Farben sich der Wahrnehmung durch das Gesicht völlig entziehen, während wir ihrer Existenz noch auf andere Weise sicher sind. Der Ausbildung des Bewußtseins einer wechselnden Beleuchtung dient auch die Beobachtung der gesetzmäßigen Beziehungen zwischen den Änderungen des farbigen Eindrucks der Objekte und den Änderungen ihrer Entfernung von einer gleichbleibenden künstlichen Lichtquelle. Dahin wirkt auch die Beobachtung anderer Beziehungen, die sich bei Tageslicht zeigen. Ein Gegenstand büßt an Helligkeit ein, wenn er von der Nähe des Fensters nach dem Hintergrund des Zimmers bewegt wird und gewinnt sie wieder bei der Zurückbewegung. Es ließen sich noch eine Reihe solcher Erlebnisse aufzählen, durch welche die Vorstellung erweckt werden muß, daß jedem Gegenstand bei einer ganz bestimmten Beleuchtung und Gleichheit der anderen Umstände, die auf den farbigen Eindruck von Einfluß sind (Lokalisationsverhältnisse), ein bestimmter farbiger Eindruck, eine feste Farbe zukommt.

Nach unseren Ausführungen würde es zur Ausbildung der Vorstellung, daß denObjekten unter ganz bestimmten Beleuchtungsverhältnissen ganz bestimmte Farben charakteristisch sind, auch dann kommen, wenn keine Beleuchtungsstärke vor den anderen irgend etwas voraus haben würde. Indessen meinen wir nicht nur das in dem vorstehenden Satz Ausgedrückte, wenn wir von eigentlichen Farben der Objekte sprechen. Wir verstehen

hierunter vielmehr diejenigen Farben, welche die Objekte bei normaler Beleuchtung aufweisen; die Unterscheidung der festen und der eigentlichen Farbe eines Objektes wird also erst durch die Tatsächlichkeit der (auf S. 90 definierten) normalen Beleuchtung möglich. Im folgenden wenden wir den Begriff der eigentlichen Farbe eines Objektes in dem früher von uns definierten Sinne an.

Die Vorstellung, daß stets Gegenstände als die Träger fester Farben in Betracht kommen, ist von ausschlaggebender Bedeutung für den Eintritt der Farbenwahrnehmungen, die aus der Wechselwirkung von Beleuchtung und beleuchtetem Gegenstand entspringen. Wir führten auf S. 265 f. aus, daß bei Flächenfarben nicht in dem gleichen Sinne wie bei Oberflächenfarben von einer Beleuchtung die Rede sein kann. Fehlt die Gegenständlichkeit, der eine feste Farbe als Eigenschaft zuzuschreiben wäre, so fehlt auch die Möglichkeit, an dem farbigen Eindruck so etwas wie eine Beleuchtung herauszuheben. Ist andererseits mit Deutlichkeit eine Gegenständlichkeit gegeben, so stellt sich auch in zwingender Weise die Auffassung ein, daß dieser Gegenständlichkeit eine bestimmte Beleuchtung zukommt. Oberflächenfarbe und Beleuchtung scheinen mir ebensowenig — oder, wenn man will, ebenso sehr — voneinander trennbar zu sein wie die Vorstellung einer Fläche von der Vorstellung der Entfernung dieser Fläche.

§ 35. Über die Farbenerlebnisse, welche man als zunächst nicht weiter erklärbar ansieht.

Nehmen wir ein Gesichtsfeld, das größtenteils mit Oberflächenfarben erfüllt ist und eine qualitativ und intensiv normale Beleuchtung besitzt, so unterscheiden wir innerhalb dieses Feldes hellere und dunklere, tonfreie und buntfarbige Teile. Wir finden es zunächst nicht weiter problematisch, warum uns bestimmte Teile des Gesichtsfeldes schwarz, grau oder weiß, andere wieder rot, blau, grün usw. erscheinen. Man könnte natürlich untersuchen, welche absolute Lichtstärke ein Objekt unter den vorhandenen Beleuchtungsbedingungen und der gegebenen Stimmung des Auges haben muß, um als graues, weißes usw. angesprochen zu werden, aber auf die Frage, warum nun gerade ein Objekt von einer physikalisch so hohen Lichtstärke den Eindruck eines grauen, weißen usw. macht, müßten wir die Antwort ebenso schuldig

bleiben wie auf die Frage, warum ein Objekt, das Strahlen von einer bestimmten Wellenlänge aussendet, gerade die spezifischen Empfindungen Rot, Blau oder andere auslöst. Keinesfalls handelt es sich bei diesen Beurteilungen um einen gegenseitigen Vergleich der Eindrücke des Gesichtsfeldes, sodaß beispielsweise die Farbe von höchster Lichtstärke als Weiß angesprochen würde usw. Scheinbar erlauben die Tatsachen der Farbenwahrnehmung in einem normal beleuchteten Gesichtsfeld keine weitere Zurückführung. Berechtigt ist natürlich die Untersuchung der Frage, wodurch es bedingt ist, daß wir in den Farben der Objekte, die sie bei normaler Beleuchtung zeigen, deren eigentliche Farben zu sehen glauben. Diese Frage haben wir früher (S. 90 ff.) beantwortet. Was die in einem Gesichtsfeld normaler Beleuchtung stattfindenden Farbenbezeichnungen anbetrifft, so haben wir es bei ihnen mit einer Erscheinung des absoluten Farbengedächtnisses zu tun; durch eine bestimmte physikalische Strahlung [1] wird bei der vorhandenen Beleuchtung und dem dieser Beleuchtung entsprechenden Adaptationszustand des Auges ein Farbenerlebnis ausgelöst, durch das, wenn eine Benennung stattfinden soll, die Farbennamen weiß, grau usw. reproduziert werden.

Denken wir uns in dem hier vorausgesetzten Gesichtsfeld normaler Beleuchtung die Beleuchtungsstärke oder die Beleuchtungsqualität in einem solchen Grade verändert, daß man über den Eintritt und die Richtung der Beleuchtungsänderung auch bei Eintritt des dieser Beleuchtung entsprechenden optimalen Adaptationszustandes keinen Augenblick im Zweifel ist, so werden auch wieder in diesem Gesichtsfeld von höherer oder niedrigerer Beleuchtungsstärke oder buntfarbiger Beleuchtung bestimmte Farben als weiß, grau, rot, blau usw. angesprochen. Diese Farbenerlebnisse nimmt man nicht als letzte und unerklärbare Tatsachen hin wie die Farbenerlebnisse bei normaler Beleuchtung. Man läßt hier für gewöhnlich eine Erklärung durch zentrale Reproduktionen optischer Residuen eintreten. Nachdem wir die Mitwirkung der Gedächtnisfarben nur für Ausnahmefälle anerkannt, für den Fall der Ausfüllung des Gesichtsfeldes mit Objekten, denen nicht kraft ihrer natürlichen Färbung oder ihrer individuellen Bekannt-

[1] Es mag gestattet sein, bei diesen Betrachtungen von Kontrastwirkungen zu abstrahieren; ohne dies würde eine unnötige Komplikation der Darstellung eintreten.

heit eine Gedächtnisfarbe zukommt, abgelehnt haben, bliebe uns nur übrig, eine zentrale Reproduktion der Vorstellung der im Gesichtsfeld vorhandenen Oberflächenfarben, so wie sie bei normaler Beleuchtung erscheinen würden, anzunehmen. Wir fragen daraufhin: Wie sollen wir uns diese zentrale Reproduktion normal beleuchteter Oberflächenfarben vorstellen und in welcher Weise können sie bei ihrer Reproduktion den Sehakt beeinflussen?

§ 36. Die Besonderheit gewisser Assoziationen von Farbenerlebnissen. Kettenassoziationen.

Ich schicke voraus, daß die im folgenden angestellte Betrachtung nicht als völlig befriedigende Antwort der von uns aufgeworfenen Frage bezeichnet werden darf, wenn man als solche nur eine volle Einsicht in den Mechanismus der Transformation zentripetaler Erregungen durch zentrale Faktoren anerkennt.[1] Diese Ausführungen wollen in einer mehr negativen Weise Erklärungsweisen, wie sie nahe zu liegen scheinen, abwehren, um die Besonderheit der hier vorliegenden Vorgänge herauszustellen. Ich habe den Eindruck, als verführe man bei dem Aufbau der „Wahrnehmung“ aus „Empfindung“ und „Vorstellung“ im allgemeinen und so auch bei der Farbenwahrnehmung zu schematisch. Auch das muß, wie ich fürchte, Unklarheit stiften, daß man hierbei den Terminus Vorstellung in einer anderen Bedeutung verwendet als in der ihm für gewöhnlich zuerkannten des anschaulichen Vorstellungsbildes, nämlich in der Bedeutung von „physiologischer zentraler Faktor“. Versuchen wir, den Tatbestand, wie er bei der Wahrnehmung einer Farbe gegeben sein kann, herauszustellen. Die Wahrnehmung einer Oberflächenfarbe nicht-normaler Beleuchtung vermag das Vorstellungsbild dieser Farbe, wie sie sich bei normaler Beleuchtung darstellen würde, mit dieser Beleuchtung zu reproduzieren. Man kann weiterhin von einem Beobachter verlangen, er möge sich eine vorgegebene normal beleuchtete Oberflächenfarbe unter einer näher bezeichneten intensiv oder qualitativ nicht normalen Beleuchtung anschaulich vorstellen. Es kann unentschieden bleiben, bis zu welchem Grade der Beob-

[1] Von dem nervösen Mechanismus bei der Reproduktion der Gedächtnisfarben sehen wir im folgenden ganz ab.

achter diesen Aufgaben, die zweifellos ihren Sinn haben, nachkommen kann. Die hier vorliegende wechselseitige Reproduktion wäre aller Wahrscheinlichkeit nach nicht möglich, wenn nicht zwischen diesen Farbenerlebnissen eine durch Erfahrungen gestiftete Verknüpfung vorhanden wäre. Wir können hinzufügen, daß von einer nicht normal beleuchteten Oberflächenfarbe wohl eine stärkere Reproduktionstendenz auf die Vorstellung der Oberflächenfarbe bei normaler Beleuchtung zielt als umgekehrt. Soweit liegen wohl die Verhältnisse klar. Man begeht aber den oben gerügten Fehler, wenn man, ohne dem Begriff der Vorstellung eine neue Bedeutung zu verleihen, bei der Erklärung gewisser Farbenwahrnehmungen von einer Einwirkung von Farbenvorstellungen (in dem soeben definierten Sinne) auf die zentripetalen Erregungen spricht. Es liegt zutage, wodurch die Annahme einer solchen Einwirkung veranlaßt ist, nämlich durch die Tatsache, daß meist durch die nicht normal beleuchtete Oberfläche eines Körpers eine Wahrnehmung ausgelöst wird, die ihrer Qualität nach die Mitte einnimmt zwischen derjenigen Farbe, die bei gleicher Netzhauterregung in einen normal beleuchteten Gesichtsfeld ausgelöst werden würde, und der Farbe jener Oberfläche, wenn sie bei normaler Beleuchtung erlebt würde. Wer durch die Annahme einer solchen Einwirkung gewisse Farbenerlebnisse aufklären will, hätte mindestens die Pflicht, nachzuweisen, warum die Farbenerlebnisse, in die reproduzierte Vorstellungen hineinspielen, bei den Beobachtern, die keine Visualisationsfähigkeit haben, nicht ausfallen oder wenigstens sehr beeinträchtigt werden.[1]

Wir versuchen nun darzulegen, daß ein Operieren mit reproduzierten Vorstellungen von Farben vorliegenden Falles schon darum nicht ohne weiteres gestattet ist, weil die Vorgänge, die in Betracht kommen bei der Scheidung von Beleuchtung und Beleuchtetem sowie bei der Verknüpfung der Farbenerlebnisse, die sich späterhin reproduzieren sollen, nicht in jeder Beziehung denen gleich sind, die man bei der Assoziation von Eindrücken oder Vorstellungen für gewöhnlich im Auge hat. In drei

[1] Damit soll nicht gesagt sein, daß nicht feinere Unterschiede in der Beeinflussung der Farbenwahrnehmung auf zentralem Wege bestehen, die ihre Ursache in Unterschieden des sensorischen Typus haben. Ich habe experimentell nachgewiesen, daß die Raumwahrnehmung tatsächlich durch den sensorischen Typus beeinflußt zu werden scheint. Vgl. hierzu S. 390 f. des auf S. 31 zitierten Werks G. E. Müllers.

Punkten scheinen sich die Assoziationsvorgänge, die wir einander gegenüber stellen wollen, voneinander zu unterscheiden. Wenn ich zwei Silben oder Gegenstände miteinander assoziiere, so kommt 1. diesen Elementen eine volle Selbständigkeit zu. Jedes von ihnen erlaubt den Eintritt in jede andere Verbindung. 2. Die Elemente können ganz anderer Natur sein; sie brauchen nicht innerlich aufeinander zu verweisen. Die Vorstellung eines Stuhles dürfte sich ungefähr mit derselben Leichtigkeit mit der Vorstellung eines physikalischen Lehrsatzes wie mit der Vorstellung eines anderen Stuhles assoziieren lassen. Die Elemente dieser Assoziationen werden nur äußerlich aneinander gefesselt. 3. Die beiden Glieder der Assoziation müssen, um assoziiert zu werden, entweder sukzessiv oder koexistent dargeboten sein. Wie steht es nun mit derVerknüpfung der uns interessierenden Farbenerlebnisse? 1. Schon hinsichtlich der Art der Elemente, die miteinander assoziiert werden und sich später reproduzieren sollen, liegen die Verhältnisse anders. Bei nicht-normaler Beleuchtung soll nach herrschender Ansicht der vorhandene Eindruck den Farbeneindruck, der bei normaler Beleuchtung vorhanden sein würde, reproduzieren. Es werden dabei also die Oberflächenfarben selbst als die Elemente angesehen. Diese Auffassung ist aber irrig; denn ich kann niemals die Oberflächenfarben für sich erleben ohne eine bestimmte Beleuchtung; es wird nicht eine bestimmte Beleuchtung mit einer bestimmten Oberflächenfarbe assoziiert, sondern die Elemente, die in Beziehung zueinander treten, sind selbst Produkte[1] aus Oberflächenfarben und Beleuchtung. Es ist darum auch nicht von vornherein einzusehen, warum von einer nicht normal beleuchteten Oberflächenfarbe nur, wie man annimmt, die normal beleuchtete Oberflächenfarbe und nicht auch deren normale Beleuchtung reproduziert werden soll. 2. Die Elemente, die hier verknüpft werden, haben eine innere Verwandtschaft. Es sind Farbenerlebnisse, die stets durch stetige Änderung ineinander überführbar sind. Die assoziierten Farbenerlebnisse sind niemals — und damit kommen wir zu dem dritten unterscheidenden Punkt — simultan gegeben, sie brauchen sich auch nicht, um assoziiert zu werden, mit einer gewissen Schnelligkeit zu folgen, ohne die beispielsweise eine

[1] Ich vermag keinen passenderen Ausdruck für die Einheit, mit der sich im Farbenerlebnis Oberflächenfarbe und Beleuchtung geben, zu finden.

Assoziation von Silben nicht mehr einzutreten pflegt. Vielmehr schieben sich zwischen den sich später reproduzierenden Endgliedern bestimmter Reihen von Farbenerlebnissen Mittelglieder ein, welche erst die Verbindung zwischen ihnen herstellen. Als Mittelglieder fungieren alle die farbigen Übergänge, die man bei Beleuchtungswechsel an den farbigen Gegenständen eintreten sieht. Das Bewußtsein von dem e i n e n Gegenstand, an dem sich die farbigen Änderungen vollziehen, gibt das Band für die Verknüpfung der Farbenerlebnisse ab, die durch ihn bei Beleuchtungswechsel ausgelöst werden. Der Umstand, daß diese Farbenerlebnisse einen gemeinsamen Beziehungspunkt haben, nämlich den Körper, durch den sie in bestimmter Folge ausgelöst werden, dürfte von wesentlicher Bedeutung dafür sein, daß sie überhaupt eine transformierende Wirkung aufeinander ausüben. Wenn ich einmal eine bestimmte Oberflächenfarbe bei einer bestimmten Beleuchtung erlebe und daneben im Raum oder zeitlich später dieselbe Oberflächenfarbe bei einer anderen Beleuchtung, ohne daß ich die beiden Farbeneindrücke durch Zwischenglieder ineinander übergehen sehe, so wird vermutlich nur eine ä u ß e r e Assoziation zwischen beiden Farbeneindrücken hergestellt werden. Erlebe ich die eine, so kann ev. ein Vorstellungsbild der anderen reproduziert werden. Aber nie wird eine innere Einwirkung der beiden aufeinander erfolgen. Mir scheinen bei der Assoziation derjenigen Farbenerlebnisse, auf Grund deren ein Wiedererkennen von Oberflächenfarben stattfindet, Assoziationsketten von einer solchen Natur vorzuliegen, wie wir sie ähnlich bei der Assoziation von Silben nicht antreffen. Das Hervorstechende an ihnen ist, daß die assoziierten Elemente selbst Produkte aus zwei Größen (Beleuchtung und Beleuchtetes) sind, deren Natur als Produkte aus einer variablen (Beleuchtung) und einer festen Größe (das Beleuchtete) aber erst aus dem Erleben von Ketten von Elementen zu entnehmen ist. Wir wissen bis jetzt nicht, welchen Gesetzen diese K e t t e n - a s s o z i a t i o n e n , wie wir sie nennen wollen, im einzelnen gehorchen. Über sie läßt sich aus dem vorliegenden Material, in dem sich ihre Wirkungen zeigen, nichts Sicheres entnehmen, da dies ganz aus den unübersehbaren Bedingungen des Lebens erwachsen ist. Die verschiedene Dauer, mit der die einzelnen Glieder der Kettenassoziationen erlebt werden, dürfte eine verschiedene Wirksamkeit der Glieder innerhalb des Ganzen der Kettenassoziationen im Gefolge haben. Bei der Erklärung der

ausgezeichneten Stellung, welche die normal beleuchteten Oberflächenfarben bei diesen Assoziationen einnehmen, wird man auch an ihre zeitliche Prävalenz (s. S. 95 f.) zu denken haben. Nur planmäßige Herstellung solcher Kettenassoziationen läßt die volle Erkennung ihrer Gesetze aussichtsvoll erscheinen. Daß wir es nach diesen Darlegungen ablehnen, bestimmte Vorstellungen über den Mechanismus der Einwirkung zentraler Faktoren, die als Niederschlag solcher Kettenassoziationen anzusehen sind, auf das Farbensehen zu entwickeln, wird man verstehen. Wir werden uns also vorerst damit begnügen müssen, von anderen Seiten her unsere Beobachtungen einer Erklärung entgegenzuführen.

Unsere Unkenntnis von der Wirkungsart der optischen Residuen in unseren Versuchen darf uns nicht hindern, deren Existenz als zweifelsfrei anzusehen. Nach der vorstehend gegebenen Kennzeichnung der Kettenassoziationen brauche ich nicht auseinanderzusetzen, warum bei den sog. Assimilationen und apperzeptiven Verschmelzungen, zu denen man z. B. den Leseprozeß rechnet, die Funktionsweise zentraler Residuen von anderer Natur sein dürfte als bei den hier diskutierten Farbenerlebnissen.

Unser Wahrnehmungsleben ist reich an Produkten aus Kettenassoziationen. Wir erinnern hier nur an die Beziehungen zwischen den Eindrücken der Größe und der Entfernung, der Lage und der Gestalt von Gegenständen, der Tonstärke und der Entfernung erregter Tonquellen.

§ 37. Die Gesamteindringlichkeit des Gesichtsfeldes als Maß für dessen Beleuchtungsstärke.

Wodurch wird der Eindruck der Beleuchtungsstärke bestimmt, wovon hängt es ab, ob wir von einer normalen, hohen oder niedrigen Beleuchtungsstärke unseres Gesichtsfeldes sprechen? Damit der Eindruck der normalen Beleuchtung entsteht, genügt es, daß die Gegenstände des Gesichtsfeldes den höchsten Deutlichkeitsgrad der Oberflächenstruktur aufweisen. Die Tatsache, daß der Deutlichkeitsgrad der Oberflächenstrucktur sowohl bei Erhöhung als bei Herabsetzung der Beleuchtungsstärke (von der normalen Beleuchtung aus gerechnet) eine Beeinträchtigung erfährt, während wir trotzdem zu richtigen Beurteilungen der Beleuchtung gelangen, läßt indessen erkennen, daß die Deutlichkeitsgrade der Oberflächenstruktur nicht allein für die Beurteilung der Beleuchtungsverhältnisse maßgebend sein können und fordert dazu auf, nach einem Maß der Beleuchtungsstärke

zu suchen, das sich als relativ unabhängig von jenem Deutlichkeitsgrad ansprechen läßt. Daß sich sowohl der Eindruck einer hohen als einer niedrigen Beleuchtungsstärke des Gesichtsfeldes bei den gleichen Graden der Verschwommenheit der Oberflächenstruktur einstellen kann, zeigen in evidenter Weise unsere Beobachtungen mit Oberflächenfarben, die hinter Farben raumhafter Erscheinungsweise gelegen sind (S. 311 f.). Sollte sich ein solcher den Eindruck der Beleuchtung bestimmender Faktor ergeben, der von dem Deutlichkeitsgrad der Oberflächenstruktur relativ unabhängig ist, so werden wir anzunehmen haben, daß derselbe stets und also auch bei dem Eindruck der normalen Beleuchtung mit in Wirksamkeit ist.

Auf Grund meiner allgemeinen Erfahrung bei Beobachtungen von Beleuchtungsverhältnissen möchte ich den Satz aufstellen, daß unter normalen Verhältnissen ein annähernd gleichmäßig, aber sonst beliebig stark beleuchtetes Gesichtsfeld in uns den Eindruck einer Gesamt- oder Durchschnittseindringlichkeit wachruft, daß diese Gesamt- oder Durchschnittseindringlichkeit es ist, welche für das Bewußtsein der Beleuchtungsstärke maßgebend ist, und daß es von ihr abhängt, welche Qualität und Ausgeprägtheit farbige Eindrücke besitzen, die durch vorgegebene periphere Erregungen ausgelöst werden. Ist unter sonst gleichen Umständen eine hohe G-Eindringlichkeit[1] vorhanden, so stellt sich der Eindruck einer starken Beleuchtung ein, ist sie nur niedrig, so halten wir die Beleuchtung für schwach. Unter der Voraussetzung, daß sich so etwas wie eine G-Eindringlichkeit überhaupt wird aufweisen lassen, dürfen wir m. E. die Auffassung, daß ein Gesichtsfeld diese oder jene Beleuchtungsstärke besitzt, die sich allein auf solche Eindringlichkeitsstufen stützt, nicht für ein größeres Rätsel halten als die Beurteilung einer gewissen Lichtstärke bei gewisser Beleuchtungsstärke als weiß, grau usw. Wir müssen eben auch hier ein absolutes Gedächtnis[2]

---

[1] Abkürzung für Gesamteindringlichkeit.

[2] Daß wir dem absoluten Gedächtnis für Farbeneindrücke nicht zuviel zumuten, geht aus sonstigen Leistungen desselben, z. B. auch aus dem Umstand hervor, daß die Methoden zur unmittelbaren Bestimmung der Urfarben, die doch gewiß in sich logische Resultate ergeben haben, auf dem absoluten Farbengedächtnis basieren. Vgl. hierzu die oben zitierte Arbeit von Westphal, S. 184 f. Lotte v. Kries und Elisabeth Schottelius haben das absolute Gedächtnis auch für andere Farbentöne als die Ur-

für bestimmte Eindringlichkeitsgrade des Gesichtsfeldes annehmen. Die obigen Versuche über die Eindringlichkeit verschieden stark beleuchteter Oberflächenfarben (S. 132 ff.), die als Resultat ergaben, daß sich das (gleich gestimmte) Auge dann gleich affiziert fühlt, wenn ihm nahezu gleiche Lichtmengen zugeführt werden, bezeugen, daß Eindringlichkeitsvergleichungen zwischen Farben, die Gesichtsfeldern verschiedener Beleuchtungsstärke angehören, ohne größere Schwierigkeit durchführbar sind. Wir dürfen annehmen, daß sich die Eindringlichkeitsgrade, hinsichtlich deren eine Vergleichung möglich ist, auch bei der durch Vergleichsabsichten nicht oder wenig beeinflußten normalen Betrachtung der Farben in dem von uns angenommenen Sinn geltend machen. Es wird nun darauf ankommen, etwas näher darzulegen, was wir unter der G-Eindringlichkeit verstehen wollen.

v. Kries bemerkt gelegentlich: „Man kann es verständlich finden, daß der Eindruck eines Gegenstandes als weiß, hellgrau usw., sich nicht allein durch die Helligkeit derjenigen Empfindung bestimmt, die sein Netzhautbild hervorruft, sondern daneben sehr maßgebend der Eindruck in Betracht kommt, den wir von der Beleuchtung erhalten, in der der Gegenstand sich befindet; dieser aber bestimmt sich im allgemeinen durch die Helligkeit, in der andere benachbarte Gegenstände gleichzeitig gesehen werden. Ein Gegenstand erscheint also als weiß, hellgrau usw. nicht, oder wenigstens nicht allein nach Maßgabe der von ihm hervorgerufenen Empfindung, sondern auch nach Maßgabe des Verhältnisses dieser Helligkeit zu den im Gesichtsfeld überhaupt, speziell in seiner näheren Umgebung vorhandenen Helligkeiten" (Kries II, S. 239). Ich vermag nicht zu entscheiden, ob v. Kries hier an eine Beurteilung der Farben nach ihren Helligkeitsverhältnissen denkt, oder ob er mehr einen unserer G-Eindringlichkeit analogen Faktor im Auge hat.

Unter der Eindringlichkeit einer Farbe pflegt man die Kraft zu verstehen, mit der sie sich dem Bewußtsein aufdrängt.[1] Ich behaupte, daß auch dem Gesichtsfeld in seiner Gesamtheit die Fähigkeit zukommt, sich dem Bewußtsein in verschiedenem Grade

---

farben untersucht. Zeitschr. f. Psych. Bd. 42, 1909, S. 207. „Die hiermit gefundene Bewertung des optischen Gedächtnisses läßt die Leistung desselben als ein überraschend weitgehendes erscheinen." Wünschenswert ist zur experimentellen Verifizierung unserer im folgenden entwickelten Ansicht eine Untersuchung des absoluten Gedächtnisses für die Eindringlichkeit von Farben sowie für die Beleuchtungsstärken von Oberflächenfarben.

[1] Von dem die Eindringlichkeit für gewöhnlich mitbestimmenden assoziativen Faktor sehen wir hier ab.

aufzudrängen. Es handelt sich dabei um eine Bewußtseinstatsache, die man sich selbst zur Anschauung bringen muß. Zu dem Zwecke ist es gut, vor das Auge, das auf eine bestimmte Situation blickt, ein solches Glas zu bringen, welches durch die Akkommodation nicht mehr überwunden werden kann, sodaß alles in Zerstreuungskreisen erscheint.[1] Durch dieses Glas wird verhindert, daß scharfe Konturen oder einzelne Flächen die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Je gleichmäßiger die Aufmerksamkeit im Gesichtsfeld verteilt wird, desto eher gewinnt man jenen Eindruck der G-Eindringlichkeit. Blickt man mit diesem Glase bewaffnet durch einen Episkotister auf eine b e s t i m m t e Situation, so kann man sich durch verschieden weites Öffnen des Episkotisters eine große Anzahl von Stufen der G-Eindringlichkeit jener Situation herstellen.[2] Ein Grenzfall wird erreicht, wenn wir die Episkotisteröffnung ganz schließen. Die Situation hat die objektive Beleuchtungsstärke Null, es stellt sich der Farbeneindruck geringster Eindringlichkeit ein, d. i. das subjektive Augengrau. Mit dem Öffnen des Episkotisters nimmt die G-Eindringlichkeit zu. Wenn wir auch nicht die näheren Beziehungen kennen, die zwischen der G-Eindringlichkeit und den Eindringlichkeitswerten der das Gesichtsfeld zusammensetzenden einzelnen Farbenfelder bestehen, so wird doch wohl die Annahme Geltung beanspruchen können, daß in einem Gesichtsfeld, wo diese einzelnen Eindringlichkeitswerte alle oder fast alle eine Zunahme erfahren, auch die resultierende G-Eindringlichkeit eine Zunahme erfährt. Besteht diese Annahme zu Recht, so gilt schon a priori, daß mit Öffnen des zunächst geschlossenen Episkotisters eine Zunahme der G-Eindringlichkeit eintreten muß. Gewisse Teile des Gesichtsfeldes werden nämlich beim Öffnen des Episkotisters heller und damit auch eindringlicher als das subjektive Augengrau, gewisse andere k ö n n e n dunkler und damit auch eindringlicher werden. Mehr zufällig kann es geschehen, daß kleine Partien des Gesichtsfeldes die Eindringlichkeit des subjektiven Augengrau behalten. Einfacher ist es, hier an die Erfahrung zu appellieren. Die G-Eindringlichkeit einer irgendwie beleuchteten Situation

[1] Für ein ametropisches Auge wird vielfach schon Fortlassen des korrigierenden Glases genügen.

[2] Es wird hier bei der Betrachtung ein normal gestimmtes Auge vorausgesetzt.

wächst beständig mit größer werdender Episkotisteröffnung. Wird der Episkotister schließlich entfernt, so findet die G-Eindringlichkeit der betreffenden Situation nach oben hin nur eine Grenze mit ihrer höchstmöglichen Beleuchtungsstärke. Würde uns während unseres ganzen Lebens nur diese eine Situation gegenübertreten, so würde es uns kaum problematisch erscheinen, wie das absolute Gedächtnis für G-Eindringlichkeiten die Aufgabe bewältigt, uns über die jeweilige Beleuchtungsstärke des Gesichtsfeldes Auskunft zu geben. Bedenken wir aber die Wirklichkeit mit der unbeschreibbar mannigfaltigen Ausfüllung des Gesichtsfeldes durch verschiedenfarbige Objekte! Entspricht dieser Mannigfaltigkeit der Ausfüllung des Gesichtsfeldes nicht eine eben so große Mannigfaltigkeit der Grade seiner G-Eindringlichkeit, sodaß ihr gegenüber das absolute Farbengedächtnis versagen muß? Ich glaube, man kann diese Frage mit Recht verneinen, wenn der Nachweis gelingt, daß unter den Verhältnissen des gewöhnlichen Lebens die G-Eindringlichkeit in viel höherem Grade von dem Beleuchtungswechsel abhängig ist als von dem Wechsel in den Farben der das Gesichtsfeld ausfüllenden Objekte, der sich ungünstigsten Falles einstellen kann; denn das ist ja die Frage, auf welche Weise bei beliebigen Beleuchtungsstärken sich relativ unabhängig von der jeweiligen Ausfüllung des Gesichtsfeldes mit Objekten von diesen oder jenen eigentlichen Farben sofort ein einigermaßen zutreffender Eindruck von jener Beleuchtungsstärke einstellen kann. Die maximalen Helligkeitsdifferenzen der Oberflächenfarben, die uns im Leben zu begegnen pflegen, sind von niedrigerem Grade, als man für gewöhnlich anzunehmen geneigt ist. Das Helligkeitsverhältnis zwischen dem weißen Papier und dem Tuchschwarz unserer Versuche betrug annähernd 1 : 60. Auf Grund meiner darauf gerichteten Beobachtungen fand ich, daß für gewöhnlich natürliche Farbenflächen von so beträchtlicher oder so niedriger Lichtstärke zu den Seltenheiten gehören und daß die natürliche Helligkeitsskala, d. h. der Helligkeitsbereich, innerhalb dessen die Farben der uns umgebenden Objekte liegen, einen viel kleineren Umfang hat als die für gewöhnlich im Laboratorium verwandte.[1]

---

[1] Frischgefallener Schnee dürfte keine wesentlich stärkere Reflexionsfähigkeit haben als unser weißes Papier. Ich erinnere mich andererseits

Nach unseren Versuchen über das Reizgebiet des normal gestimmten Auges (S. 261 ff.) kann man mit der Beleuchtungsstärke eines weißen Papieres bis auf weniger als $^1/_{360}$ der normalen Beleuchtungsstärke heruntergehen, ohne daß sich dessen Helligkeitseindruck wesentlich ändert. Wir vermögen also noch bei solchen Beleuchtungsstärken recht wohl Oberflächenfarben wahrzunehmen und mit einiger Sicherheit wiederzuerkennen. Auf der anderen Seite übertrifft nach meinen Beobachtungen das direkte Licht der Mittagssonne jene normale Beleuchtungsstärke etwa um das Hundertfache. Wir dürfen also annehmen, daß die Beleuchtungsstärke, bei der wir im Lauf des Lebens mit normal gestimmtem Auge Oberflächenfarben zu betrachten und zu beurteilen gewohnt sind, etwa zwischen den Grenzen 1: 36 000[1] schwankt. Diesem Intervall steht das Intervall 1: 60 gegenüber, innerhalb dessen, wie wir nach unserer obigen Überlegung wohl sagen dürfen, ungünstigsten Falles die Lichtstärke des Gesichtsfeldes infolge eines Wechsels der eigentlichen Farben der Objekte bei gleichbleibender Beleuchtung schwanken kann! Nehmen wir einmal an, das ganze Gesichtsfeld sei mit Objekten von der Helligkeit unseres weißen Papieres erfüllt und normal beleuchtet, so würde bei einer Steigerung der Beleuchtungsstärke um etwas über das 60 fache die G-Eindringlichkeit selbst dann noch eine Steigerung erfahren und sich so nach unserer Voraussetzung der Eindruck einer Heraufsetzung der Beleuchtung einstellen müssen, wenn gleichzeitig mit der Steigerung der Beleuchtungsstärke alle weißen Objekte durch schwarze von der Helligkeit des Tuchschwarz ersetzt worden wären. Läge andererseits ein normal beleuchtetes mit Objekten von der Helligkeit des Tuchschwarz ausgefülltes Gesichtsfeld vor, so würde sich eine Beleuchtungsherabsetzung von etwas über das 60-fache selbst dann nicht dem Bewußtsein entziehen, wenn gleichzeitig mit dieser Herabsetzung der Beleuchtung an die Stelle der Objekte von der Helligkeit des Tuchschwarz solche

nicht, häufig in der Natur Objekten begegnet zu sein, die ein wesentlich geringeres Reflexionsvermögen gehabt hätten als unser Tuchschwarz.

[1] „Es hat sich ergeben, daß die Beleuchtung durch die Sonne 800 000 mal stärker ist, als die hellste Vollmondbeleuchtung.“ Helmholtz I, S. 108. Wir haben also für unser obiges Beleuchtungsgebiet einen unteren Grenzwert angenommen, der die durch das Licht des Vollmonds bedingte Beleuchtung beiläufig um das 20-fache übertrifft.

von der Helligkeit des weißen Papiers getreten wären. Mit so „ungünstigen“ Fällen, denen gegenüber sich das Bewußtsein der Beleuchtungsstärke durchzusetzen habe, brauchen wir aber in der Wirklichkeit durchaus nicht zu rechnen. Die Farben der uns umgebenden Objekte werden selten den extremen Helligkeitsgebieten angehören. Da die Farben der Objekte unserer gewohnten Umgebung, des Zimmers, der Straße oder der freien Landschaft innerhalb nicht sehr weiter Grenzen schwanken, so dürfen wir die Helligkeitsänderung, die im Gesichtsfeld durch einen Wechsel in den eigentlichen Farben seiner Objekte eintreten kann, als relativ konstante Größe betrachten gegenüber der Helligkeitsänderung, die infolge des Wechsels in der Beleuchtungsstärke möglich ist. Wir wollen die G-Eindringlichkeit als maßgebenden Faktor bei der Beurteilung der herrschenden Beleuchtungsstärke nur soweit heranziehen, als es für eine Erklärung der tatsächlich unterschiedenen Beleuchtungsstufen geboten scheint. Es soll damit nicht behauptet werden, daß unsere Unterschiedsempfindlichkeit für Beleuchtungsstärken sehr groß sei, daß wir etwa ebensoviele Beleuchtungsstärken unterscheiden wie tonfreie Farben bei einer normalen Beleuchtung.[1] In der Praxis des Lebens unterscheiden wir wohl von der normalen Beleuchtung die schwache Beleuchtung, die Dämmerung und das völlige Dunkel nach der einen Seite sowie die starke und blendende Beleuchtung nach der anderen Seite. Wir fassen das Ergebnis der vorstehenden Ausführungen zusammen: Die G-Eindringlichkeit ist in so viel höherem Grade von der Beleuchtungsstärke als von der Art der Ausfüllung des Gesichtsfeldes mit verschieden hellen Objekten abhängig, daß sie sehr wohl als die Grundlage für die absolute Beurteilung der jeweilig herrschenden Beleuchtungsstärke angesehen werden darf.

Die G-Eindringlichkeit als Maß der Beleuchtungsstärke ist eine für das Bewußtsein faßbare Größe. Zunächst sollten wir nun angeben, wie diese Größe zur Auswertung der farbigen

[1] Als Maß der Unterschiedsempfindlichkeit für Beleuchtungsstärken können wir den Lichtzuwuchs ansehen, den eine bestimmte Farbenfläche erfahren muß, damit eine Änderung in der Beleuchtungsstärke des ganzen Gesichtsfeldes, in dem sich diese Farbenfläche befindet, wahrgenommen wird. Beobachtungen zu diesem Punkte müssen noch angestellt werden.

Eindrücke des Gesichtsfeldes nach ihrer Qualität und Ausgeprägtheit dient, wie es kommt, daß dieselbe periphere Erregung an diesem Maß „gemessen" die Empfindung grau, an jenem Maß gemessen die Empfindung weiß liefert usw. Eine Vorarbeit zur Untersuchung dieser Frage ist früher (besonders im Abschnitt III), wenn auch in bescheidenen Anfängen, geleistet worden, indem wir ermittelten, in welchem Verhältnis zwei Lichtstärken zueinander stehen müssen, damit sie bei verschiedenen Beleuchtungsstärken den Eindruck derselben Qualität (verschiedener Ausgeprägtheit) auslösen. Wir müssen uns versagen, auf diese Fragen näher einzugehen, da unsere Resultate bei weitem nicht als genügend umfangreiche empirische Basis hierfür angesehen werden können. Auch wird man in zukünftigen Versuchen daran denken müssen, von den Erregungsstärken der einzelnen Teile der Netzhaut ausgehend numerische Werte für die G-Eindringlichkeit aufzustellen, die wir bis jetzt mehr qualitativ gefaßt haben. Hier kam es darauf an, prinzipiell den Faktor aufzuweisen, der die Beurteilung der Beleuchtungsstärke bestimmt.

Die G-Eindringlichkeit ist nicht nur maßgebend für die Qualität und Ausgeprägtheit der Oberflächenfarben, sondern innerhalb weiter Grenzen auch dafür, welche Lichtstärken die Eindrücke des Leuchtens, Glühens und Glänzens auslösen. Es ist dies ohne weiteres verständlich aus der Tatsache, daß in jedem beliebig beleuchteten Gesichtsfeld der Eintritt dieser Eindrücke mit von der Lichtstärke abhängt, welche die hellsten Oberflächenfarben dieses Gesichtsfeldes besitzen.

In dem auf S. 381 aufgestellten Satze hatten wir inbetreff der G-Eindringlichkeit des Gesichtsfeldes die Einschränkung aufgenommen, daß dieses in seinen verschiedenen Teilen annähernd gleichmäßig beleuchtet sein müsse. Auf die Bedeutung dieser Einschränkung wollen wir hier etwas näher eingehen. Die Beurteilung der Beleuchtungsstärke eines Ausschnittes der Außenwelt, der etwa aus einem normal beleuchteten Haus, seiner Umgebung nebst einem Teil des darüber befindlichen Himmels gebildet wird, geschieht nahezu unabhängig von der Größe des Stückes Himmelsfläche, das über dem Hause wahrgenommen wird; hiervon überzeugt man sich, wenn man, in angemessener Entfernung von dem Hause stehend, den Blick von den unteren Teilen des Hauses bis zum Dach hebt und auf diese Weise das von der Himmelsfläche eingenommene Stück des Sehfeldes vergrößert. Es läßt sich leicht

zeigen, daß die allein von der Farbeneindringlichkeit des Hauses und seiner Umgebung abhängige Auffassung seiner Beleuchtung nicht nur darum besteht, weil die Himmelsfarbe als Flächenfarbe die Unterscheidung der Momente Beleuchtung und Beleuchtetes nicht ebenso wie eine Oberflächenfarbe zuläßt, sondern auch dann bestehen würde, wenn die Himmelsfarbe bei gleichbleibender Eindringlichkeit den Charakter einer Oberflächenfarbe besäße. Denn nach unseren Feldgrößensätzen kann sich sehr wohl der Eindruck einer verschiedenen Beleuchtungsstärke in verschiedenen Teilen des Sehfeldes einstellen, und zwar geschieht dies unter Bedingungen, wie sie auch in dem angezogenen Falle des normal beleuchteten Hauses erfüllt sind. Der Unterschied, der zwischen den Eindringlichkeitsgraden[1] der Teile des Gesichtsfeldes besteht, muß, um als Beleuchtungsunterschied aufgefaßt zu werden, eine gewisse Grenze überschreiten. Innerhalb der Bezirke, welche die gleiche Beleuchtungsstärke zu haben scheinen, beobachten wir annähernd denselben Deutlichkeitsgrad der auf ihre Gegenständlichkeit hinweisenden Momente der Oberflächenstruktur sowie der Konturen. Der Unterschied des Deutlichkeitsgrades in den Bezirken, die verschieden beleuchtet erscheinen, überschreitet eine gewisse Größe. Es scheint sogar so, als sei letzterer Unterschied, weil er sich dem Bewußtsein leichter aufdrängt, von größerer Wichtigkeit für die Unterscheidung der Bezirke verschiedener Beleuchtung als der Unterschied in ihrer Eindringlichkeit. Es lassen sich experimentell Eindrücke verschiedener Beleuchtungsarten herstellen, die nur durch einen Unterschied der strukturellen Deutlichkeitsgrade, aber nicht der Eindringlichkeitsgrade gegeben sind. Man bringe zwischen das Auge und die Objekte unseren auf S. 312 beschriebenen Glastrog, der mit einer solchen trüben Flüssigkeit gefüllt ist, daß das durch ihn Gesehene annähernd dieselbe Eindringlichkeit besitzt wie der übrige, nicht durch die Flüssigkeit gesehene Teil des Gesichtsfeldes. Das hinter dem Glastrog Liegende erscheint dann wegen der Verschwommenheit der Oberflächenstruktur wie von Nebel überlagert. Für die Erfassung der Beleuchtungsstärken in den verschiedenen Bezirken selbst werden wir die innerhalb der verschiedenen Bezirke bestehenden Eindringlichkeitsstufen verant-

[1] Wir wollen die Eindringlichkeit, die ein Teil des Gesichtsfeldes als Ganzes besitzt, als g-Eindringlichkeit bezeichnen.

wortlich machen. Soweit die g-Eindringlichkeit eines Bezirks des Sehfeldes den Eindruck einer bestimmten Beleuchtung bedingt, ist sie auch wieder maßgebend für die Auswertung der Oberflächenfarben innerhalb des Bezirks nach ihren Qualitäten und Ausgeprägtheitsstufen. Im einzelnen regelt sich die Deutlichkeit, mit der sich innerhalb eines Gesichtsfeldbezirks der Eindruck einer bestimmten Beleuchtung einstellt, nach unseren beiden Feldgrößensätzen. Deren Erklärung ist hier am Platze.

Ein kleines Stück der Außenwelt kann sich sehr wohl in bezug auf die Eindringlichkeit seiner Oberflächenfarbe oder die Deutlichkeit seiner Oberflächenstruktur von seiner gleich stark beleuchteten Umgebung unterscheiden. Die Beurteilung seiner Oberflächenfarbe bestimmt sich dann nach der Art und Stärke des von ihm ausgestrahlten Lichtes sowie nach der im Gesichtsfeld wahrgenommenen Beleuchtungsstärke. Der andere Deutlichkeitsgrad der Oberflächenstruktur bewirkt nur eine andere Auffassung seiner strukturellen Verhältnisse. Erleben wir dagegen für alle Teile eines großen Bezirks der Außenwelt eine nach derselben Richtung von der Umgebung gehende Abweichung der Qualität und der Eindringlichkeit ihrer Oberflächenfarben sowie des Deutlichkeitsgrades ihrer Oberflächenstruktur, so liegt es uns auf Grund tausendfacher bei Änderungen der Beleuchtungsstärke gemachten Erfahrungen nahe, diese Abweichungen nicht einfach auf Rechnung von Änderungen der eigentlichen Farben sowie der strukturellen Verhältnisse zu setzen, die bei gleichbleibender Beleuchtung innerhalb jenes Bezirkes eingetreten sind, sondern sie als die Folgen einer Änderung der Beleuchtungsstärke innerhalb desselben aufzufassen. Letztere Auffassung ist nach unseren allgemeinen Erfahrungen um so mehr am Platze und tritt darum mit um so höherer Deutlichkeit ein, je größer das Stück der Außenwelt ist, welches von den angeführten Änderungen des Eindringlichkeitsgrades der Farben sowie des Deutlichkeitsgrades der Oberflächenstruktur getroffen wird. Das von uns wahrgenommene Stück der Außenwelt ist bei Lokalisation in dieselbe Entfernung um so größer, je größer das Stück der Netzhautfläche ist, auf welchem es sich abbildet. Es ist bei gleichbleibender Netzhautfläche um so größer, je größer die Entfernung ist, in welche es lokalisiert wird. Die beiden Feldgrößensätze erklären sich also aus demselben Prinzip.

§ 38. Durch welche Momente des Farbenerlebnisses ist die Wahrnehmung einer buntfarbigen Beleuchtung bedingt?

Bei der Erklärung der Farbenerlebnisse, die unter buntfarbiger Beleuchtung eintreten, haben wir einen ähnlichen Gedankengang einzuschlagen, wie er vorstehend zur Erklärung der Farbenerlebnisse bei Änderung der Beleuchtungsstärke angegeben worden ist. Wenn ohne Wahrnehmung einer Gegenständlichkeit das Bewußtsein einer Beleuchtung überhaupt ausbleibt, so ist darin ausgeschlossen, daß sie auch Vorbedingung für den Eindruck der buntfarbigen Beleuchtung ist. Wir legten im vorangegangenen Paragraphen dar, wie es kommt, daß wir trotz der beträchtlichen Änderung in der Lichtstärke des Gesichtsfeldes, die infolge des Helligkeitswechsels der eigentlichen Farben der Objekte eintreten kann, d. h. mit anderen Worten nahezu unabhängig von der Helligkeit der das Gesichtsfeld ausfüllenden Oberflächenfarben, doch stets zu einem einigermaßen zutreffenden Urteil über dessen Beleuchtungsstärke gelangen. Nun harrt die ganz analoge Frage einer Beantwortung: Wie kommen wir dazu, die buntfarbige Beleuchtung unseres Gesichtsfeldes einigermaßen zutreffend zu beurteilen, wo uns doch im Leben beständig bunte Oberflächenfarben begegnen, die bei qualitativ normaler Beleuchtung buntfarbiges Licht von gleicher Intensität in das Auge senden wie tonfreie Oberflächenfarben, wenn sie eine buntfarbige Beleuchtung erfahren?[1] Mit dem oben (S. 95 f.) gegebenen Hinweis, daß die qualitativ normale Beleuchtung vor allem durch ihr zeitliches Vorherrschen vor der buntfarbigen ausgezeichnet ist, ist natürlich die hier gestellte Frage nicht beantwortet. Danach wird es nur verständlich, warum die qualitativ normale Beleuchtung bestimmend für die Vorstellung der eigentlichen Farbe der Objekte wird, es bleibt aber noch unentschieden, wie wir dazu kommen, eine bestimmte Beleuchtung unmittelbar als rote, grüne usw. zu erfassen. Folgende Ausführungen dürften die Lösung der Frage enthalten. Solange unser Gesichtsfeld von dem (nahezu) weißen Tageslicht getroffen wird, kommt es normalerweise weder vor, daß alle sichtbaren Objekte eine so

[1] Wir sehen im folgenden ab von den Änderungen der Stärke der Beleuchtung, die mit den Änderungen der buntfarbigen Beleuchtung einhergehen.

ausgesprochene Tönung in einer bunten Farbe aufweisen wie bei einer buntfarbigen Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes, noch kommt es vor, daß diejenigen Farbenfelder des Gesichtsfeldes, welche eine bunte Farbe hoher Sättigung besitzen, diese bunte Farbe so bis in die feinsten Einzelheiten hinein besitzen wie bei buntfarbiger Beleuchtung dieser Farbenfelder. Normalerweise, d. h.: Wenn ich alle Fälle der Ausfüllung des Gesichtsfeldes mit Gegenständen überdenke, die z. B. mir im gewöhnlichen Leben bei qualitativ normaler Beleuchtung begegnet sind, so ist darunter keiner, der die angegebene Bedingung der durchgehenden gleichmäßigen Tönung aller wahrgenommenen Gegenstände erfüllte. Ja, selbst wenn man die Absicht hätte, diesen Fall versuchsmäßig herzustellen, würde man bei diesem Unternehmen Schwierigkeiten haben. Es müßte schon eine recht große Farbenfläche sein, die, in einiger Entfernung von dem Auge stehend, entweder das ganze Gesichtsfeld oder einen großen Teil desselben ausfüllen sollte. Unser Ausdruck „bis in die feinsten Einzelheiten" findet folgende Erläuterung. An einer bunten Flächenfarbe erleben wir die größtmögliche Gleichförmigkeit der Farbigkeit, eine Gleichförmigkeit, wie sie bei Oberflächenfarben niemals erreicht wird. Selbst die bunten Papiere, wie wir sie in Laboratorien zu Versuchszwecken zu verwenden pflegen und die sich an besagter Gleichförmigkeit vor den uns sonst im Leben vorkommenden Farbenflächen von Objekten auszeichnen, weisen in ihren letzten Feinheiten bei Tagesbeleuchtung gewisse Ungleichförmigkeiten der Buntfärbung auf. Diese Ungleichförmigkeiten zeigen sie in stärkster Ausprägung bei Beleuchtung durch das weiße Tageslicht. Die Ungleichförmigkeiten werden bei buntfarbiger Beleuchtung der Oberflächenfarben weniger deutlich als bei Beleuchtung durch das weiße Tageslicht und können bei intensiver buntfarbiger Beleuchtung fast zum Verschwinden gebracht werden, indem dann eine nahezu völlige (buntfarbige) Angleichung aller Flächenelemente erfolgt ist. Für den die strukturellen Verhältnisse verwischenden Effekt einer bunten Beleuchtung ist es ganz gleichgültig, welche bunte Farbe das betreffende Papier, welche Buntfärbung die verwandte Beleuchtung besitzt. Sobald sich nun der Eindruck einer das ganze Gesichtsfeld treffenden Tönung sowie jener Verschmelzung der feinsten Ungleichförmigkeiten der Farben einstellt, wird die erlebte Buntfarbigkeit nicht in

ihrer ganzen Stärke auf die Qualität resp. Sättigung der Oberflächenfarben bezogen, sondern als buntfarbige Beleuchtung gedeutet.[1] Wird das ganze Gesichtsfeld von den angedeuteten Änderungen betroffen, so ist der Eindruck der buntfarbigen Beleuchtung am deutlichsten. Die Abhängigkeit der Deutlichkeit dieses Eindrucks von der Größe des davon betroffenen Ausschnittes der Außenwelt (siehe unsere Beobachtungen an bunten Episkotistern und Buntspiegeln auf S. 349 ff.) ist auf ganz gleiche Weise zu erklären wie die Abhängigkeit, in der der Deutlichkeitsgrad der Änderungen der Beleuchtungs s t ä r k e von denselben Bedingungen steht. Erfahrungsgemäß können eben buntfarbige Änderungen an Oberflächenfarben von der Art, wie wir sie hier im Auge haben (wenn davon größere Teile der Außenwelt betroffen werden) nur durch Änderung der B e l e u c h t u n g s qualität zustandekommen. Wenn nach früheren Ausführungen die G-Eindringlichkeit den Maßstab für die Beleuchtungsstärke des Gesichtsfeldes sowie für die Auswertung der darin vorkommenden Farben nach den verschiedenen Momenten ihrer Farbmaterie abgab, so hängt die Auswertung nach unseren letzten Ausführungen in der angegebenen Weise auch von der Qualität und Stärke der wahrgenommenen buntfarbigen Beleuchtung ab. Unser Versuchsmaterial reicht nicht aus, anzugeben, wonach sich der jeweilig wahrgenommene S t ä r k e g r a d (die Sättigung) der buntfarbigen Beleuchtung bestimmt und wie im einzelnen nach dem so gewonnenen Maßstab die Auswertung der im Gesichtsfeld vorhandenen Farben nach ihren farbigen Bestimmtheiten erfolgt. Nur möchte ich hier die Bemerkung nicht unterdrücken, daß für den Fall, wo eine Oberflächenfarbe der Qualität nach als k o m p l e m e n t ä r zu der herrschenden Beleuchtungsqualität aufgefaßt wird, m. E. keine andere Erklärung einzutreten hat als für den Fall, daß eine solche Komplementärheit nicht besteht.

[1] „Wenn im Gesichtsfelde eine besondere Farbe überwiegend verbreitet ist, so erscheint uns eine weißlichere Abstufung desselben Farbentons als Weiß, und wirkliches Weiß als komplementär gefärbt.“ Helmholtz II, S. 549 f. Das hier angeführte Moment der überwiegenden Verbreitung einer bunten Farbe im Gesichtsfeld genügt nach unseren Ausführungen nicht, um den Eindruck der buntfarbigen Beleuchtung zu erwecken, den Helmholtz offenbar im Auge gehabt hat. R i c h t i g beobachtet sind nach unseren Versuchen die von Helmholtz angegebenen farbigen Änderungen in einem buntfarbig beleuchteten Gesichtsfeld.

Von einer gewissen prinzipiellen Bedeutung für das Verständnis des nervösen Mechanismus, der die Grundlage für den Eindruck einer bestimmten Beleuchtungsqualität sowie der daraus fließenden Beurteilung der Farben des Gesichtsfeldes bildet, ist die Tatsache, daß sich der Eindruck einer neuen oder von den bis zu einem gewissen Zeitpunkt erlebten wesentlich abweichenden Beleuchtungsqualität einstellen und Berücksichtigung finden kann, ohne daß die farbigen Änderungen, welche die eigentlichen Farben infolge dieser bunten Beleuchtung erleiden, in ihrem Eintritt und Verlauf beobachtet wären. Daraufhin deuten unsere Beobachtungen bei buntfarbiger Beleuchtung hoher Intensität (S. 275 f.). Es ist wahrscheinlich, daß ein Bewußtsein, das in betreff der Oberflächenfarben nur bei qualitativ normaler Beleuchtung Erfahrungen gesammelt hat, bei der erstmaligen Wahrnehmung eines bunt beleuchteten, seiner Ausfüllung durch Oberflächenfarben nach unbekannten Gesichtsfeldes diese bunte Beleuchtung sofort als solche auffaßt und auch bei der Wahrnehmung der vorhandenen Oberflächenfarben bis zu einem gewissen Grade berücksichtigt.

§ 39. Eine Anwendung der in den vorstehenden Paragraphen entwickelten Anschauungen auf Resultate früherer Versuche.

Wir haben bei dem Bericht über unsere Versuche die Erklärung ihrer Resultate jedesmal so weit geführt, wie sie aus der Berücksichtigung der Variation der Versuchsbedingungen fließen konnte. Die bis dahin gediehene Erklärung ist also als Vorbereitung für das Verständnis der Versuche aus den im vorstehenden dargelegten Beziehungen zwischen der Wahrnehmung einer Beleuchtung und der sich anknüpfenden Ausschöpfung der Farben des Sehfeldes nach ihren farbigen Bestimmtheiten anzusehen. Unsere Beobachtungen mit den lichtschwächenden Episkotistern bedürfen von dieser Seite her keiner weiteren Erklärung. Die Zurückführung unserer Versuche über Lichtperspektive auf die Episkotisterversuche haben wir schon auf S. 132 vorbereitet. Zu ihrem vollen Verständnis braucht nur auf die Gültigkeit der Feldgrößensätze hingewiesen zu werden, nach denen verschiedene Beleuchtungsstärken ihren Einfluß auf die Farbenwahrnehmung

auch dann geltend machen, wenn sie nur zirkumskripte Bezirke des Sehfeldes treffen.

Nachdem wir früher nachgewiesen haben, daß für beschattete Oberflächenfarben wenigstens innerhalb der von der Beschattung betroffenen Gebiete der Eindruck der Beleuchtungsverschiedenheit und der Verschiedenheit der Qualität und Ausgeprägtheit der Oberflächenfarben von ähnlicher Natur ist wie der Eindruck der Beleuchtungsabweichung bei Betrachtung von Oberflächenfarben durch einen Episkotister oder ein Rauchglas, bedarf es nur des Hinweises, wie die farbigen Erscheinungen, die bei Verwendung dieser Mittel beobachtet werden, nach unseren Anschauungen zu erklären sind, um auch die Beobachtungen bei Beschattung verständlich zu machen. Für die Phänomene der Belichtung werden wir nicht nach anderen Erklärungsprinzipien zu suchen haben als für die der Beschattung. Die Erklärung des qualitativ Besonderen bei den Eindrücken der Beschattung und Belichtung haben wir schon früher gegeben. Die Beobachtungen, nach denen die Auffassung einer bestimmten Lichtstärke innerhalb eines gewissen Bezirks des Sehfeldes als normale Beleuchtung, als Beschattung oder als Belichtung von der Größe dieses Bezirks sowie der Lichtstärke des übrigen Gesichtsfeldes abhängt (S. 172 ff.), erklären sich z. T. durch unsere beiden Feldgrößensätze. Es tritt aber in diesen Beobachtungen ein neues Moment zutage, indem sich zeigt, daß verschieden stark beleuchtete Bezirke des Sehfeldes eine interessante Beeinflussung in ihrer Beleuchtungsauffassung aufeinander ausüben. Die in dem größeren Teile des Gesichtsfeldes erfaßte Beleuchtung erhält den Stempel einer gewissen Normalität, während die Beleuchtung in dem kleineren Bezirk eher als die exzeptionelle aufgefaßt wird (Auffassung der Beleuchtung in dem kleineren Bezirk als Beschattung oder Belichtung, je nachdem sie schwächer oder stärker ist). Das gilt nahezu unabhängig davon, wie weit die betreffenden Beleuchtungsstärken von der schlechthin normalen entfernt sind. Diese Beobachtungen liefern für unsere mehr quantitative Verhältnisse berücksichtigenden Feldgrößensätze eine interessante Ergänzung nach der qualitativen Seite. Für ihre Erklärung bedarf es noch eingehenderer Untersuchungen.

Wir bringen hier die Schwierigkeiten in die Erinnerung, die uns verschiedene Gruppen von Versuchen wegen der Erklärung dabei konstatierter chromatischer Änderungen von Ober-

flächenfarben bereiteten. Der Nachweis, daß bei den Versuchen auf S. 101 ff. die Scheibe A, in den Versuchen auf S. 167 ff. und S. 176 f. die Scheibe B_2 nach der Reduktion auf eine normale Beleuchtung deutliche chromatische Komponenten besaßen, war ebenso leicht zu erbringen, wie die Erklärung dafür schwer zu geben war, daß diese Buntfärbungen bei Betrachtung vor der Reduktion nur schwach bis spurenweise vorhanden waren. Zum Gegenstand eingehender Beobachtungen machten wir diese chromatischen Änderungen in den Versuchen auf S. 236 ff., in denen wir auch mit genügender Ausführlichkeit die Quellen dieser Buntfärbung glauben nachgewiesen zu haben. Oben mußten wir uns damit begnügen, zu zeigen, daß eine Erklärung der Versuche durch physiologische Wechselwirkungen von ähnlicher Art, wie sie sonst zwischen chromatischen und achromatischen physiologischen Erregungen bestehen, nicht möglich sei, und daß wahrscheinlich eine psychologische Erklärung, d. h. eine Erklärung durch zentrale Faktoren eintreten müsse. Diese Erklärung durch zentrale Faktoren können wir nun geben. Die in Betracht kommenden Oberflächenfarben unterstanden, solange sie nicht auf eine qualitativ normale Beleuchtung reduziert wurden, einer buntfarbigen und zwar rötlichgelben Beleuchtung. Bei den Versuchen auf S. 101 ff. wurde fast das ganze Gesichtsfeld (in dem Scheibe A lag) von jener buntfarbigen Beleuchtung betroffen, in den übrigen von uns angeführten Versuchen nur ein kleinerer Bezirk desselben. Infolge der buntfarbigen Beleuchtung innerhalb des ganzen Sehfeldes oder eines Bezirks desselben konnten die wahrgenommenen Oberflächenfarben nicht in der Sättigung erscheinen, die der Intensität ihrer Strahlung entsprach, es mußte ihre Buntfärbung weit hinter derjenigen zurückbleiben, die man nach ihrer Reduktion auf die qualitativ normale Beleuchtung erhielt. Indessen hier könnte man einen, wie es scheint, berechtigten Einwand erheben. Wir sprechen bei den hier diskutierten Versuchen von einer buntfarbigen Beleuchtung und nehmen sie als Voraussetzung für die Erklärung der bei diesen Versuchen beobachteten chromatischen Änderungen, ohne daß in jenen Versuchen selbst von den Beobachtern Aussagen zu Protokoll gegeben worden wären, aus denen die Konstatierung einer solchen buntfarbigen Beleuchtung klipp und klar hervorginge.[1] Dieser Ein-

[1] Tatsächlich hat mich das Fehlen einer solchen Aussage lange daran verhindert, den eigentümlichen Charakter der in den oben erwähnten Versuchen eingetretenen chromatischen Änderungen zu erkennen.

wand wäre berechtigt, wenn die Voraussetzung, von dem er ausgeht, berechtigt wäre, daß sich der Einfluß einer buntfarbigen Beleuchtung nur dann auf die ihr unterliegenden Oberflächenfarben geltend machen könne, wenn die buntfarbige Beleuchtung selbst so deutlich zum Bewußtsein komme, daß ein Beobachter ihr Vorhandensein s p o n t a n zu Protokoll gebe. Diese Voraussetzung hat aber keine Berechtigung. Wir müssen annehmen, daß die buntfarbige Beleuchtung auch für den Fall, daß sie sich als solche dem Bewußtsein entzieht, einen Einfluß auf die Beurteilung der davon betroffenen Farben ausübt, worauf wir auch schon auf S. 277 hingewiesen haben. Es ist zu bedenken, daß die Sättigung der buntfarbigen Beleuchtung in den Versuchen, die wir hier erklären wollen, von einem viel niedrigeren Wert als in den Versuchen des § 25 war. In den hier diskutierten Versuchen konnte auch die starke Abweichung der Beleuchtungs-i n t e n s i t ä t von der normalen, die neben der Abweichung der Beleuchtungs q u a l i t ä t bestand und die wegen ihrer stärkeren Abweichung von der intensiv normalen die Aufmerksamkeit eher auf sich ziehen mußte, die Bemerkbarkeit der qualitativen Abweichung leicht verhindern. Jedenfalls halten wir es durch die vorstehenden Ausführungen für erklärt, daß die Scheiben A und B_2 vor der Reduktion nur in schwacher Buntfärbung oder für manche Beobachter gar tonfrei erschienen. Daß die Buntfärbung in den Versuchen gerade eine rötlichgelbe war, ist den zufällig vorhandenen Versuchsbedingungen (Farbe der Tapete des Zimmers usw.) zu verdanken. Die Versuche hätten vermutlich dasselbe Aussehen gewonnen, wenn statt der rötlichgelben Beleuchtung etwa infolge der Farbe der Tapete und der übrigen Zinmmereinrichtung die Beleuchtung eine vorherrschend bläuliche, grünliche oder andere gewesen wäre.

Abschnitt VI.

Der individuelle Entwicklungsgang des Sehens von Farben.

§ 40. Terminologisches.

Gelegentlich der Deskription von Farbenerlebnissen durften wir von psychologischen oder phänomenologischen Analysen sprechen, weil wir uns dabei auf Verschiedenheiten der Farbenerlebnisse bezogen, die als solche dem Bewußtsein gegeben waren. Das „psychologisch" gewann einen anderen Sinn in der Bezeichnung „psychologischer Faktor"; denn nun drückte es einen Gegensatz aus zu der Gesamtheit der physiologischen, mit der Geburt gegebenen Faktoren, welche die Farbenerlebnisse mitbestimmen und war ganz in dem von Hering definierten Sinne zu verstehen als „auf bereits gesammelten, in der nervösen Substanz fixierten individuellen Erfahrungen beruhend" (Hering VI, S. 19). Mehr im Hinblick auf allgemeine anatomische Verhältnisse setzten wir den so herausgehobenen Gegensatz auch dem der peripheren und zentralen Faktoren gleich. Natürlich ist „peripher" nicht gleichbedeutend mit „in der Netzhaut"; es bedeutet nur Orte, die für die Umsetzung der Lichtenergie in nervöse Energie mit ihren nächsten Folgen in Anspruch zu nehmen sind. Das „zentral" umfaßt diejenigen Stellen, von denen aus eine unmittelbare Einwirkung auf die psychophysischen Prozesse statthat.[1]

[1] Wir verzichten grundsätzlich darauf, bestimmtere anatomisch unterschiedene Gebiete für diese Orte namhaft zu machen. Wir lassen es auch unentschieden, an welcher Stelle des Organismus das psychophysische Geschehen stattfindet, ob es an Vorgänge in der Hirnrinde gebunden ist, oder ob man mit Hering die Netzhaut als seinen Sitz mit in Betracht kommen lassen will.

Mit Rücksicht auf die stärkere oder schwächere Biegsamkeit oder Labilität verschiedener Farbenerlebnisse bezeichneten wir schließlich den obwaltenden Gegensatz in den beiden Faktorengruppen, welche das Farbensehen bestimmen, gelegentlich auch durch den des organisch und des funktionell Bedingten. Der Leser hat nach unserer ganzen Darstellung erkannt, daß wir einem Urteilsvorgang im Sinne einer spiritualistischen Theorie keinen Platz einräumen; auch dort, wo wir in Anlehnung an einen vorhandenen Sprachgebrauch von „Beurteilung" oder „Auffassung" eines Farbeneindrucks gesprochen haben, wird ein entsprechendes physiologisches Korrelat stillschweigend vorausgesetzt.

Der Kampf um die Festlegung der Grenze zwischen den Faktoren, die als angeborene [1] und denen, die aus der individuellen Erfahrung gewonnen, das farbige Sehen bestimmen, drückt sich schon in der Nomenklatur der Farbenerlebnisse aus. HERING lehnt bekanntlich die im besonderen von HELMHOLTZ durchgeführte Scheidung der Farbenempfindung oder reinen Farbenempfindung von der Farbenwahrnehmung oder -vorstellung ab. J. v. KRIES verteidigt demgegenüber die HELMHOLTZsche Auffassung in einer Weise, die uns zwingt, auf sie einzugehen, zumal deren Diskussion unsere Anschauungen in gewisser Hinsicht klären dürfte. v. KRIES knüpft an den von HERING beschriebenen Fall an, daß ein auf einem Papier liegender Schatten einmal als Schatten, ein anderes Mal als grauer Flecken aufgefaßt wird. „Darüber kann ja kein Zweifel bestehen, daß, wenn der Eindruck aus dem eines Fleckes in den eines Schattens umschlägt, irgend etwas an ihm oder in ihm doch sich unverändert erhält. Dies heben wir in zutreffender Weise hervor, wenn wir sagen, es sei die eigentliche Empfindung unverändert geblieben, dagegen ihre Verknüpfung mit empirischen Begriffen in eigentümlicher Weise modifiziert worden. Wie sollen wir dagegen dieses konstant bleibende Element bezeichnen, wenn wir die Verknüpfung mit den empirischen Begriffen Weiß und Grau, Fleck und Schatten, selbst Empfindung nennen und demgemäß bei jenem Umschlage von einer Änderung der Empfindung reden?" [2]

---

[1] J. v. KRIES hat jüngst zur Bezeichnung der Wirkungsweise der angeborenen Faktoren den Terminus bildungsgesetzlich vorgeschlagen. HELMHOLTZ. Physiol. Optik. 3. Aufl. 1910. Bd. 3, S. 498.

[2] S. 491 des vorstehend zitierten Werkes von HELMHOLTZ.

Wie mir scheint, gibt die von v. Kries angeführte Beschreibung des Heringschen Versuchs keine völlig zutreffende Vorstellung von dem vorliegenden Sachverhalt. Bei dem Umschlag darf man nicht dies als das Entscheidende hinstellen, daß mit der „gleichbleibenden Empfindung" sich dieser oder jener empirische Begriff verknüpft. Es kommt nicht eine äußerliche Assoziation in Frage; vielmehr setzt doch die Tatsache, daß zur sprachlichen Charakterisierung von dem Eindruck aus je nach Umständen diese oder jene lautsprachliche Reproduktion eintreten kann, eine Verschiedenheit des Eindrucks resp. des ganzen Wahrnehmungskomplexes selbst voraus. Diese Verschiedenheit und ähnliche andere werden aller Wahrscheinlichkeit nach schon von Kindern wahrgenommen, lange ehe sie überhaupt der Begriffsbildung fähig sind, was sich natürlich nur in ihrem verschiedenen Verhalten gegenüber solchen Farbeneindrücken äußern kann. Auch bei den höheren Tieren dürfen wir mit einer gewissen Unterscheidungsfähigkeit für solche Farbeneindrücke rechnen,[1] während ihre Befähigung zur Begriffsbildung nicht zweifellos dasteht. Nach der v. Kriesschen Auffassung erscheint es nicht möglich, jemals eine „eigentliche Empfindung" zu erleben. So wie in dem angezogenen Beispiel der Eindruck aus dem eines Fleckens in den eines Schattens umschlägt, kann auch der entgegengesetzte Umschlag eintreten. Welchen der Eindrücke sollen wir als denjenigen ansprechen, der uns die „eigentliche Empfindung" vermittelt? Sie erscheinen zunächst beide von derselben phänomenologischen Dignität. Vielleicht aber entspricht es der v. Kriesschen Ansicht mehr, in dem, was bei verschiedener Auffassung eines Farbeneindrucks gleichbleibt, nur ein abstraktes Moment des Farbenerlebnisses zu sehen. Es wäre uns möglich, ihm hierin zuzustimmen. Wenn durch denselben objektiven Reiz Farbenerlebnisse von verschiedenem Charakter ausgelöst werden, so kann ein Moment der Farbenerlebnisse gleichbleiben, nämlich ihre Eindringlichkeit. Diese ist aber ebenso als unselbständiges Moment aufzufassen wie die Helligkeit oder Sättigung einer Farbe. Man betritt einen ganz anderen und wohl gangbaren Weg bei der Trennung der Farbenerlebnisse in solche mit Empfindungs- und Wahrnehmungscharakter, wenn man allen Farbenerlebnissen die gleiche Unmittelbarkeit zuerkennt, mit der sie sich dem Bewußtsein darbieten, ihre Scheidung aber auf Grund

[1] Der zukünftige Versuch wird auch hier Sicherheit bringen.

gewisser sekundärer Eigentümlichkeiten vornimmt. Wir erinnern daran, daß wir einigen von ihnen einen komplizierteren oder labileren Bau zugestehen mußten, wie z. B. den Eindrücken der Beschattung und Belichtung gegenüber den normal beleuchteten Oberflächenfarben oder gegenüber den Flächenfarben. Die komplizierteren Farbenerlebnisse würden dann, dem allgemeinen Sprachgebrauch entsprechend, der dazu neigt, das Kompliziertere als Wahrnehmung, das Einfachere als Empfindung anzusprechen, eher als Farbenwahrnehmungen zu bezeichnen sein.[1] Will man die sprachliche Unterscheidung auf andere als immanente Unterschiede stützen, so läßt sich wohl auch das verschiedene Verhalten der Farbenerlebnisse gegenüber den verschiedenen reduzierenden Verfahrungsweisen hervorkehren. Durch die Anwendung der Termini Farbenempfindung und Farbenwahrnehmung kann aber der Anschein eines Gegensatzes zwischen verschiedenen Farbenerlebnissen erweckt werden, der in Wirklichkeit nicht vorhanden ist. Denn man darf sich nicht dem Glauben hingeben, jemals im Bewußtsein des Erwachsenen ein Farbenerlebnis anzutreffen, welches als unbeeinflußt durch irgendwelche Erfahrungsmomente zu betrachten wäre. Wie wir noch zeigen werden, kann es sich nur darum handeln, uns im Fortschritt der Wissenschaft eine ungefähre Vorstellung von jener reinen, d. h. durch die Erfahrung nicht oder am wenigsten beeinflußten Farbenempfindung zu erarbeiten. Um nicht zu präjudizieren, haben wir darauf verzichtet, in unseren Ausführungen scharf zwischen Farbenempfindung und Farbenwahrnehmung zu unterscheiden.

Die Frage nach dem Angeboren- oder Erworbensein von für die Wahrnehmung maßgebenden Faktoren besteht in ganz ähnlicher Form bei den räumlichen Erlebnissen, spiegelt sich auch dort in dem Streit um terminologische Dinge wieder. Wie die Raumpsychologie sich weit mehr in ihren Betrachtungen auf eine intime Kenntnis von dem dioptrischen Apparat des Auges sowie der Abbildungsverhältnisse auf der Netzhaut stützen kann als die Farbenpsychologie auf ihre nur hypothetische Kenntnis von den (photochemischen) Vorgängen in der Netzhaut, so bildete diese intimere Kenntnis ein stärkeres Hemmnis, um die relative Unabhängigkeit der Raumerlebnisse von den peripheren (Abbildungs-) Verhältnissen aufzudecken. Wir hatten, als wir es ablehnten, bei den Farbenerlebnissen eine

---

[1] Hering hat darauf hingewiesen, daß man natürlich nicht in demselben Sinne von Farbenempfindungen sprechen darf wie von Schmerzempfindungen, Kälteempfindungen usw. (Hering VI, S. 4 f.).

strenge Scheidung in „reine Farbenempfindung" und „Farbenwahrnehmung" vorzunehmen, insofern eine günstige Position, als wir uns dabei auf HERINGS Autorität stützen konnten. Dagegen hat HERING im Räumlichen eine ähnliche Scheidung aufrechterhalten. Indem JAENSCH sich auf Befunde von G. MARTIUS und Fr. HILLEBRAND sowie auf Beobachtungen, die er selbst bei Mikropsieversuchen machte, stützte, konnte er den überzeugenden Nachweis erbringen, daß auch die „scheinbare Größe" als eine vollgültige Empfindung anzusprechen sei. „Das KOSTERsche Phänomen lehrt mit Bestimmtheit ... daß in zwei Fällen, welche dadurch charakterisiert sind, daß zwei Objekte die gleichen Netzhautbilder liefern, aber in verschiedener scheinbarer Größe erscheinen, nicht etwa die „reine", oder, wie man gelegentlich auch sagt, die „primäre" Empfindung gleich ist, und daß sich jene beiden Fälle keineswegs nur durch das Hinzutreten eines verschiedenen Erlebnisses von „Urteils"- Charakter unterscheiden." Indem JAENSCH so wie wir die Gültigkeit der von G. E. MÜLLER formulierten psychophysischen Axiome voraussetzt, kommt es nur auf eine Anwendung derselben auf einen konkreten Fall heraus, wenn er bald nach der zitierten Stelle fortfährt: „Daher muß auch das materielle Korrelat schon der „primären" Empfindung in zwei Fällen der genannten Art verschieden sein" (JAENSCH I, S. 329).

§ 41. Über angeborene und erworbene Faktoren des Farbensehens mit besonderer Berücksichtigung der Frage nach dem Ursprung der Kontrastphänomene.

Eine Skizze des individuellen Entwicklungsganges des Farbensehens läßt sich nicht entwerfen, ohne die Mitgift zu überprüfen, die dem Organismus bei seiner Geburt wird, um auf die Einwirkungen der Lichtreize reagieren zu können. Auf angeborener Beanlagung beruhen sicher die unmittelbaren Reaktionsweisen der verschiedenen Netzhautstellen auf einfallendes Licht mit allen ihren photochemisch oder histologisch bedingten Differenzierungen. Diese Reaktionen denken wir der Beeinflussung durch die individuelle Erfahrung völlig entzogen. Organische Änderungen, die im Laufe des Lebens (vermutlich in der lichtempfindlichen Schicht der Netzhaut) eintreten, können natürlich wie in Fällen erworbener Farbenblindheit veränderte Reaktionsweisen der Netzhaut bedingen; wir vermögen aber keinerlei gesetzmäßige Beziehungen zwischen ihnen sowie den individuellen Erfahrungen, welche auf das Farbensehen Einfluß gewinnen, aufzuweisen. Von individueller Erfahrung sprechen wir natürlich auch nicht im Hinblick auf die a l l g e m e i n e n Übungs- oder Bahnungsphänomene

nervöser Bahnen oder Zentren, da wir diese nicht in irgendwelcher Abhängigkeit davon denken, daß dem Organismus gerade ganz bestimmte optische und ganz bestimmte andere auf das Farbensehen Einfluß gewinnende Erlebnisse begegnet sind. Angeboren sind die Mechanismen, die wie der Apparat der Iris sowie die Wechselwirkung der Sehfeldelemente ausgleichend auf die Reaktionsweise der Netzhaut bei Änderung der Reizlichter wirken. Eine Würdigung der Bedeutung dieser beiden Faktoren haben wir bereits oben (S. 371) versucht. Die Wechselwirkung verhindert, daß die Änderung der photochemischen Prozesse in dem gleichen Maße wie die Änderung der Reizlichter erfolgt; sie sorgt in den Erscheinungen des Simultankontrastes für schärfere Konturen der Objekte. Wir können nicht umhin, in diesem Zusammenhang etwas ausführlicher auf die Erscheinungen des Simultankontrastes einzugehen; denn letzten Endes läßt sich doch die Frage nach der Berechtigung der beiden Theorien, die sich bei seiner Erklärung gegenüberstehen, der physiologischen von MACH-HERING und der psychologischen von HELMHOLTZ, durch die Beantwortung der Frage entscheiden, wie weit der Simultankontrast aus angeborenen (peripheren) und wie weit er aus erworbenen Faktoren (individuellen Erfahrungen) zu verstehen ist. Diese bestimmte Formulierung hat man, so viel ich sehen kann, der Frage bis jetzt nie gegeben. Wir sind dabei zugleich in der günstigen Lage, uns auf die eigenen Versuche über das durch die Erfahrung beeinflußte Farbensehen stützen zu können.

Zur Kritik der psychologischen Kontrasttheorie. Wir verfahren zweckmäßig, wenn wir die Kritik der HELMHOLTZschen Kontrasttheorie an die ihr von v. KRIES gegebene „den gegenwärtigen allgemeinen Anschauungen mehr entsprechende Form“ [1] anknüpfen. J. v. KRIES räumt für gewisse Kontrasterscheinungen die periphere Bedingtheit ein, läßt für andere die Möglichkeit einer psychischen Bedingtheit offen, betont aber im Gegensatz oder, wenn man will, in Ergänzung zu HELMHOLTZ' Ansicht, daß auch für den Fall des psychischen Kontrastes ein physiologisches Korrelat anzunehmen sei. Genauer bezeichnet v. KRIES dieses Geschehen als ein „interkortikales“. Diejenigen Farbenerlebnisse, auf die v. KRIES als Beispiele von Kontrastphänomenen hinweist, die sehr wahrscheinlich

[1] KRIES II, S. 240.

psychologisch bedingt seien, sind nämlich solche, die auf individuellen Erfahrungen des Farbensehens basieren (Rekognitionsurteile über Farben), also genau die, welche die vorliegende Arbeit in großer Ausführlicheit behandelt hat. v. Kries' Hinweis auf die Tatsache, daß die Beurteilung einer Farbenfläche sich in hohem Grade von deren physikalisch zu berücksichtigender Lichtstärke und Lichtart unabhängig, dagegen von der Art und Stärke der Beleuchtung, unter der sie erscheint, abhängig erweist, ist durchaus berechtigt. Die Farbenerlebnisse, die aus den Beziehungen zwischen Beleuchtung und Beleuchtetem hervorgehen, tragen aber einen Charakter, der von demjenigen der Erscheinungen, die man gemeinhin als spezifische Kontrasterscheinungen anerkennt (beispielsweise das Hellererscheinen eines grauen Papieres auf dunklem, Dunklererscheinen auf hellem Grunde; der Florkontrast), so sehr abweicht, daß man sie unmöglich als wesensgleich betrachten und mit derselben Bezeichnung belegen darf.

Bestände die v. Kriessche Anschauung zu Recht, so wären alle Versuche, die wir oben über die Änderung der Oberflächenfarben bei Beleuchtungsänderung angestellt haben, als Kontrastversuche aufzufassen, und dementsprechend müßte unsere Erklärung dieser Versuche entfallen oder mindestens eine Modifikation durch eine Kontrasttheorie erfahren. Ich glaube nicht, daß letztere eine größere Klarheit gewähren würde, da sie vermutlich mehr eine Annahme ad hoc als eine Zurückführung auf allgemeinere Verhältnisse der Farbenwahrnehmung darstellen würde. Die Bezeichnung der von uns beschriebenen Farbenerlebnisse als Kontrastphänomene würde nur eine große Unklarheit in das ganze vorliegende Gebiet bringen; denn wenn die bei nicht-normalen Beleuchtungsverhältnissen eintretenden Farbenerscheinungen selbst als Kontrastphänomene bezeichnet werden sollen, so würden, da doch bei den nicht-normalen Beleuchtungsverhältnissen jene spezifischen Kontrasterscheinungen nicht ausbleiben, unter der Flagge Kontrastphänomen ganz verschieden bedingte Farbenerscheinungen segeln.

Es wird darzulegen sein, in welchen Punkten allgemein als spezifische Kontrastphänomene anerkannte Farbenerscheinungen von Farbenerlebnissen abweichen, die erwiesenermaßen durch individuelle Erfahrung beeinflußt sind. Wir haben keine Ursache, anzunehmen, daß bei Individuen mit normalem Farbensystem beträchtliche Differenzen hinsichtlich der Deutlichkeit des Farbenkontrastes bestehen; numerische Bestimmungen von Kontraststärken scheinen wesentlich denselben Gang zu nehmen wie die numerischen Bestimmungen von objektiven Reizen, welche

bei verschiedenen Beobachtern einen bestimmten Effekt auslösen.[1] Demgegenüber halte man sich die enormen individuellen Differenzen vor Augen, die wir bei den Farbenwahrnehmungen konstatierten, in denen die individuelle Erfahrung hineinspielte. Durch individuelle Erfahrung beeinflußte Wahrnehmungserlebnisse und individuelle Abweichungen in diesen scheinen sich fordernde Größen zu sein, ein auf individueller Erfahrung beruhender Kontrast ohne die entsprechenden individuellen Differenzen ist von vornherein unwahrscheinlich. Wir haben oben auf die Labilität der Farbenerlebnisse hingewiesen, die stark von zentralen Faktoren abhängen; von einer Labilität kann doch bei den spezifischen Kontrastphänomenen gar nicht oder nur in bescheidenem Maße die Rede sein. Die Kontrastfarben erblassen nicht bei erneuter oder kritischer Betrachtung und sind auch vom Verhalten der Aufmerksamkeit nicht in einem höheren Grade abhängig. Schon durch diese Gegenüberstellung scheint es mir erwiesen, daß die spezifischen Kontrastphänomene eine wesentlich andere Auffassung verlangen als die durch die individuelle Erfahrung beeinflußten Farbenerlebnisse.

Diese allgemeinen Ausführungen gegen die Helmholtzsche Kontrasttheorie lassen sich durch passende Versuche stützen. Ich referiere einen in meiner Mitteilung enthaltenen Versuch. In Versuchsanordnung III (S. 119) ist Scheibe B_2 stark beschattet. Die ihr an Lichtstärke gleiche Scheibe B_1 erscheint beträchtlich dunkler als B_2. Es werden nun zwei kleine weiße oder graue Täfelchen t_1, t_2 so aufgestellt, daß sie gleich hell erscheinen, wenn sich hinter ihnen ein gleichmäßiger und daher gleichen Kontrast induzierender Hintergrund (h) befindet (s. Fig. 27). Wird dieser entfernt, so dienen B_1 und B_2 als Hintergründe und wirken auf die Täfelchen als kontrastinduzierende Felder. Es zeigt sich, daß die beiden Täfelchen auch bei dem Kontrast, den sie von den beiden Scheiben erleiden, gleich hell bleiben, während gleichzeitig die Scheibe B_2 heller erscheint als die Scheibe B_1. Ich will bemerken, daß Scheibe B_2 bei der Betrachtung des vorgelagerten Täfelchens zwar nicht so hell erscheint, wie wenn man auf sie selbst akkommodiert; doch ist

[1] Man vergleiche z. B. die Werte in den Tabellen der auf S. 9 zitierten Arbeit von Révész untereinander.

die Konstellation eine solche, daß sie einen psychologischen Kontrast in dem Sinne, t_2 dunkler erscheinen zu lassen, bedingen

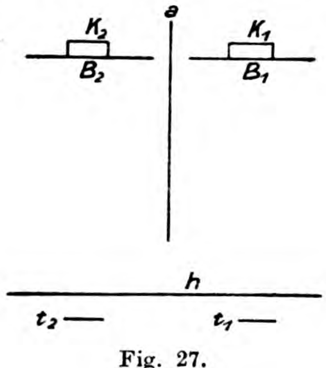


Fig. 27.

müßte, wenn es einen psychologischen Kontrast überhaupt gäbe. Dieser Versuch sowie gewisse Variationen desselben auch mit bunten Farben lassen erkennen, daß die Kontrastwirkung nur von der Stärke und Qualität der peripheren Erregungen abhängig, von deren Auffassung unabhängig ist. Zu einem gleich negativen Resultat gelangte Levy-Suhl in seinen schönen Versuchen über die Beeinflussung des Kontrastes durch Farbensuggestionen in der Hypnose. „In unseren Experimenten hat sich an keiner Stelle ein Einfluß jener psychischen Faktoren gezeigt, welche zur Begründung der Helmholtzschen Theorie des Simultankontrastes angeführt werden, alle Erscheinungen sprechen vielmehr für das Wirken einer durch Vorstellungen und Urteile im Sinne Helmholtz' nicht zu beeinflussenden physiologischen Gesetzmäßigkeit".[1] Wir gehen nach diesen Darlegungen wohl nicht fehl, die Erscheinungen des Simultankontrastes allein als Folge der Wechselwirkung der Sehfeldelemente zu betrachten. Die Wechselwirkung ist bereits mit der Fähigkeit der Sehfeldelemente selbst auf Licht zu reagieren, wahrscheinlich also mit der Geburt, gegeben. Hiernach ist es selbstverständlich, daß die durch die periphere Kontrastwirkung gesetzten Erregungen gegebenen Falles die gleichen durch die Erfahrung bedingten zentralen Transformationen er-

[1] Die hypnotische Beeinflussung der Farbenwahrnehmung und die Helmholtzsche Theorie vom Simultankontrast. Zeitschr. f. Psych. Bd. **53**, **1909**, S. 203.

fahren können wie die peripheren Erregungen, die unmittelbare Folgen der Lichtwirkung sind. Die durch Kontrastwirkung gesetzten Erregungen können sich also je nach der Konstellation in verschiedener Weise dem Bewußtsein gegenüber geltend machen. Es lohnt sich, unter d i e s e m Gesichtspunkt die von HELMHOLTZ erwähnten Einflüsse, die die Kontrastwirkung hintanhalten sollen, wie Auffassung der kontrastierenden Farben als Farben selbständiger, räumlich getrennter Gegenstände, einer erneuten Untersuchung zu unterziehen. Spezielle Beachtung verdienen die Kontrastphänomene, die sich unter einer buntfarbigen Beleuchtung einstellen. Beispielsweise könnte die so deutliche Kontrastwirkung bei den Versuchen mit farbigen Schatten unter der Mitwirkung der Wahrnehmung der bunten Beleuchtung zustandekommen, indem letztere den peripheren Kontrast in seiner Wirkung auf das Bewußtsein verstärkte. Ich habe mir unter diesem Gesichtspunkt den Versuch mit den farbigen Schatten wiederholt angesehen. Der weiße Grund, auf dem die farbigen Schatten lagerten, erschien bei der von mir getroffenen Einrichtung des Versuches zweifellos in buntfarbiger, z. B. roter Beleuchtung, indessen machte der komplementär gefärbte grüne Schatten nicht den Eindruck eines rot beleuchteten Grün, sondern erschien selbst in grünlicher Beleuchtung.[1]

Es würde uns zu weit führen, wollten wir experimentell feststellen, wie weit Kontrastwirkungen durch Erfahrungseinflüsse eine Änderung ihrer Deutlichkeit erfahren können. Wir haben natürlich anzunehmen, daß diejenigen zentralen Beeinflussungen des peripheren Kontrastes, durch welche er in seiner Wirkung auf das Bewußtsein gefördert oder beeinträchtigt werden kann, für das in optischer Beziehung unerfahrene Bewußtsein noch nicht in Wirkung sind.

Es wäre an erster Stelle zu untersuchen, wie die Deutlichkeit des Kontrastes durch die Besonderheit der Oberflächenstruktur des kontrastinduzierenden und des kontrastleidenden Feldes beeinflußt wird; denn wir wissen ja, daß der Deutlichkeitsgrad der Oberflächenstruktur für die Farbenwahrnehmung von Bedeutung werden kann. Auch HERING hat bei der Besprechung des Florkontrastes die Bedeutung der K ö r n u n g eines Papieres für die Wahrnehmbarkeit seiner Tönung anerkannt.[2] J. KÖHLER

---

[1] So hat auch HERING bestritten, daß bei dem MEYERschen Kontrastversuche zwei komplementärfarbige Komponenten hintereinander sichtbar seien. HERING IV, S. 3 f.

[2] PFLÜGERS Archiv Bd. 41, 1887, S. 2 ff.

fand den Kontrast bei unscharfer Akkommodation auf die kontrastierenden Felder gesteigert.[1] Da der auf einer Fläche induzierte Kontrast in seiner Wirkung der Wirkung einer Beleuchtungsänderung dieser Fläche, wenn auch nicht als gleich, so doch als ähnlich angesehen werden kann, so wäre es nach unseren sonstigen Erfahrungen schon zu verstehen, wenn er bei großer Deutlichkeit der Oberflächenstruktur weniger wahrnehmbar wäre. Wenn es die wohl ausgeprägte Oberflächenstruktur ist, welche der Wahrnehmung der Kontrastwirkung Widerstand leistet, so sollte der Kontrast beim Transport einer kontrastleidenden Oberflächenfarbe auf periphere Teile der Netzhaut schon wegen des Zurücktretens der Oberflächenstruktur deutlicher werden. Damit soll nicht behauptet werden, daß nicht noch andere Faktoren an der t a t s ä c h l i c h eintretenden Steigerung des Kontrastes auf der Netzhautperipherie beteiligt sind.[2] Bei Verfolgung der hier angedeuteten Fragen kann sich möglicherweise ergeben, daß der biologisch schädlichen Komponente des Kontrastes, dem Flächenkontraste (siehe S. 371), bestimmte aus der Erfahrung gewonnene Produkte wie die Oberflächenfarben entgegenzuwirken haben.

Auf der BENHAMschen Scheibe[3] erscheinen sowohl mir wie einer Reihe anderer Beobachter die bunten Farben um so deutlicher, je mehr Ringe auf ihr angebracht und sichtbar sind. Diese Tatsache läßt sich bei voller Berücksichtigung aller Umstände nicht durch Kontrastwirkungen erklären; es handelt sich bei dieser Erscheinung auch gar nicht um eine wechselseitige Beeinflussung der Farben im Sinne der Gegenfarben, sondern um ein allgemeines Deutlicherwerden der einmal vorhandenen Farben. Ebensowenig läßt sich die Erscheinung durch die Wirksamkeit von Erfahrungseinflüssen erklären. Es kommt dabei eine besondere Klasse farbiger Wechselwirkungen in Frage, die bis jetzt wenig untersucht worden sind.

WUNDT bezeichnet unseren peripheren Kontrast als antagonistische Kontakterregung und stellt dieser den psychologischen Kontrast gegenüber, den er z. B. beim Florkontrast in Wirksamkeit denkt.[4] Wenn WUNDT beim psychologischen Kontrast eine allgemeine gegenseitige Beeinflussung der Farben, also nicht nur im Sinne der Gegenfarben, oder ihre Beeinflussung durch Erfahrungsmotive im Auge hat, so läßt sich sachlich gegen die vorgenommene Scheidung nichts einwenden, nur halte ich aus den oben angeführten Gründen die Bezeichnung jener Erscheinungen als Kontrasterscheinungen nicht für zweckmäßig. J. KÖHLER vertritt in seiner oben zitierten Arbeit eine ähnliche Ansicht wie WUNDT. „Die subjektive Farbenempfindung als solche entspringt einer entsprechenden E r r e g u n g d e s

---

[1] S. 458 f. der auf S. 13 zitierten KÖHLERschen Arbeit.

[2] L. HERMANN, der zuerst auf die Steigerung des Kontrastes auf der Peripherie aufmerksam gemacht hat, erklärt die Erscheinung z. B. so, „daß die Kontrastwirkung von jedem Netzhautelement sich nicht auf eine bestimmte Netzhautfläche, sondern auf eine bestimmte Anzahl von perzipierenden Netzhautelementen erstreckt." PFLÜGERS Archiv Bd. 3, 1870.

[3] Vgl. z. B. KRIES II, S. 245.

[4] WUNDT II, S. 268 ff.

Sinnesorganes, nicht aber einer Urteilstäuschung im v. HELMHOLTZschen Sinne; die Auffassung jener Empfindung ist aber von der gleichzeitigen Bewußtseinslage in hohem Maße abhängig und daher psychischen Bedingungen unterworfen."

In vielen der Arbeiten, die sich mit der Erklärung der Wirkung von Gemälden befassen, ist auf die Bedeutung aufmerksam gemacht worden, welche der Simultankontrast für den Maler besitzt. Über allgemeine Hinweise ist man aber nicht hinausgegangen; es fehlt ganz eine systematische Untersuchung über die Verwendung des Simultankontrastes bei den verschiedenen Meistern. Offenbar fällt ihm je nach der gewählten Technik eine ganz verschiedene Bedeutung zu. Wo die Farben in Pinselhieben aufgesetzt sind und die Farbenmassen noch in ihrer Oberfläche den Weg der einzelnen Borsten erkennen lassen (z. B. bei FRANZ HALS), muß sich der Kontrast weniger geltend machen als dort, wo feinste Haarpinsel eine völlig glatte Oberfläche hergestellt haben (die meisten holländischen Genremaler wären hier zu nennen, z. B. JAN STEEN, METSU, TERBORCH). Wer die Farben weich ineinander arbeitet, stellt für den Kontrast ganz andere Bedingungen her als wer sie ungebrochen in Flecken nebeneinandersetzt (wie z. B. SEGANTINI).

Das negative Nachbild ist nur von den peripheren Verhältnissen des Farbeneindrucks abhängig. Ich halte es für angebracht, in diesem Zusammenhang über eine Reihe von Beobachtungen zu berichten, auf deren Grundversuch ich bereits in meiner Mitteilung hingewiesen habe. Es mögen zwei gleichgroße tonfreie oder buntfarbige Papierflächen von verschiedener tonfreier oder buntfarbiger Beleuchtung gegeben sein, welche bei vollständiger Reduktion denselben Farbeneindruck auslösen. Erzeugt man sich durch eine gleich lange Betrachtung beider Papierflächen vor der Reduktion zwei negative Nachbilder und projiziert diese auf denselben Hintergrund, so weisen sie keinen bemerkbaren Unterschied auf, weder hinsichtlich ihrer Erscheinungsweise noch hinsichtlich der Momente ihrer Farbmaterie. Dasselbe gilt für die Nachbilder von nach der vollständigen Reduktion gleich erscheinenden Farbeneindrücken primär verschiedener Erscheinungsweise. Es folgt aus diesen Beobachtungen, daß das Nachbild eines Farbeneindrucks nur von der peripheren Erregung und nicht von der zentralen Transformation abhängig ist, welche diese Erregung erfährt.

§ 42. Fortsetzung der Untersuchung über die angeborenen und erworbenen Faktoren des Farbensehens.

Nachdem wir diesen, wie ich annehme, nicht vergeblichen Umweg durch das Gebiet der Kontrastphänomene gemacht haben, kehren wir zurück zur Untersuchung der angeborenen Mechanismen, durch die der Organismus auf die Lichtwirkungen reagiert. Die Beziehungen, die im Gebiete des Lichtsinnes zwischen Reizstärke und Empfindungsgröße bestehen, speziell wieder der Kreis der Tatsachen, der zum WEBERschen Gesetz gehört, sind aus der individuellen Erfahrung nicht ableitbar, sie beruhen auf bildungsgesetzlicher Grundlage.[1] Das WEBERsche Gesetz bewirkt, daß innerhalb seines Geltungsbereichs bei Änderung der Beleuchtungsstärke die Helligkeitsunterschiede von Farbenflächen, die uns gegenüberstehen, nahezu gleich merklich bleiben. Soweit das Bewußtsein der Gegenständlichkeit an die Wahrnehmung der Konturen resp. Formen der Objekte gebunden ist, trägt das WEBERsche Gesetz neben dem Grenzkontrast zur Erhaltung dieses Bewußtseins bei. Ohne das Bewußtsein einer Gegenständlichkeit kommt aber die wichtige Scheidung von Beleuchtung und Beleuchtetem nicht zustande.

Die dem subjektiven Augengrau entsprechende endogene Dauerregung ist als auf angeborener Grundlage beruhend zu bezeichnen. Die Eigentümlichkeit des optischen Sensoriums, auf eine Reizung von der Netzhaut her mit einer Farbenempfindung zu reagieren, der gewisse räumliche Eigenschaften zukommen, müssen wir als bildungsgesetzlich betrachten. Wenn es berechtigt ist, anzunehmen, daß in gewissen Erscheinungsweisen, mit denen sich Farben dem Erwachsenen darbieten, die Urerscheinungsweise der Farben sich am reinsten erhalten hat, so würden wir sagen, daß die Erscheinungsweise der ersten Farbeneindrücke des Neugeborenen nach Struktur und Gestaltung der Erscheinungsweise des subjektiven Augengrau oder der Erscheinungsweise der bei bestrahltem geschlossenem Auge erhaltenen Farbeneindrücke am nächsten

[1] Offenbar wird durch diese Anschauung die Deutung des WEBERschen Gesetzes nicht in unmittelbarer Weise berührt.

steht. Bei geöffnetem Auge sind die Flächenfarben als die letzten Reduktionsformen der Farben im Bewußtsein des Erwachsenen zu betrachten, die aber so, wie sie sich hier darbieten, bestimmt von der umformenden Hand der Erfahrung nicht mehr unberührt sind. Aus den oben (S. 72 ff.) mitgeteilten Versuchen geht die Beeinflußbarkeit ihrer Lokalisation (Entfernung und Orientierung) durch benachbarte Oberflächenfarben mit Sicherheit hervor. Ihre Beeinflußbarkeit durch Oberflächenfarben, diese nachweisbaren Erfahrungsprodukte, läßt ihre tatsächliche Beeinflussung durch die Erfahrung im allgemeinen nicht zweifelhaft erscheinen. Vermutlich haben sie sich mit ihren Eigentümlichkeiten der Struktur und flächenhaften Anordnung aus einer Erscheinungsweise entwickelt, die dem subjektiven Augengrau mit seiner Zwischenstellung zwischen Flächenfarbe und raumhafter Farbe am nächsten steht. Wir dürfen nicht einmal behaupten, daß die vom Erwachsenen erlebte Erscheinungsweise des subjektiven Augengrau den Farbenerlebnissen der Neugeborenen eigentümlich sei, weil auch sie nach unseren früheren Beobachtungen gewissen Einflüssen unterliegt, die wie die verschiedenen Aufmerksamkeitseinstellungen aller Wahrscheinlichkeit nach für das neugeborene Kind noch nicht in Wirkung sind. Auf die Frage, welche Momente der Farbmaterie wohl die ersten Farbeneindrücke des Kindes besitzen, ist folgendes auszuführen. Es ist wahrscheinlich, daß beliebige Lichter im Auge des Neugeborenen Farbeneindrücke auslösen, die nach Farbenton, Sättigung und Helligkeit wesentlich die sind, welche dieselben Lichter für den Erwachsenen auslösen, wenn die durch sie ausgelösten Erregungen die geringste zentrale Transformation erleiden, d. h. also, wenn die empfundenen Farben mit dem Charakter der Flächenfarben auftreten. Die (ohne Zweifel naheliegende) Behauptung wäre jedenfalls nicht berechtigt, daß für das Kind die ersten Farbeneindrücke die farbigen Momente der Oberflächenfarben bei normaler Beleuchtung haben; denn deren Eindrücke sind ihrer Besonderheit nach in Deutlichkeitsgraden der Oberflächenstruktur verankert und sind untrennbar mit dem Eindrucke der normalen Beleuchtung verbunden. Das Kind nimmt aber überhaupt noch keine Beleuchtung wahr.

Erfährt nicht die Netzhaut des Kindes in ihrem ganzen Umfang die gleiche Reizung, so können recht wohl trotz der Unbestimmtheit der Lokalisation der einzelnen Farbenflächen diese selbst eine verschiedene mehr oder weniger bestimmte Lokalisation

zueinander erfahren, wie sie in betreff verschieden eindringlicher Nachbilder in den Versuchen auf S. 56 ff. von uns konstatiert worden ist. Diese Reaktion des Sensoriums mit einer verschiedenen Lokalisation der Farbenflächen zueinander ist, wie bereits oben (S. 60) auseinandergesetzt, als primitiv anzusehen.

Die prägnanten Oberflächenfarben entwickeln sich bestimmt erst im Laufe der Erfahrung. Eine ausgesprochene Oberflächenfarbe existiert so lange nicht für das Kind, als es zur Wahrnehmung von Oberflächenstrukturen noch unfähig ist. Es fehlt ihm zunächst noch ganz die Fähigkeit, einen Gegenstand zu fixieren und scharf auf ihn zu akkommodieren. „Die Fähigkeit, einen hellen Gegenstand zu fixieren fehlt dem Neugeborenen gänzlich.“ „In Wahrheit starrt der ganz junge Säugling . . . ins Leere.“[1] Schon der Refraktionszustand des Auges des Neugeborenen wird es meist nicht zur scharfen Abbildung von Gegenständen kommen lassen. Preyers Sohn war hypermetropisch. Hypermetropie scheint der vorherrschende Refraktionszustand in der ersten Lebenszeit zu sein.[2] Ehe sich prägnante Oberflächenfarben, gegründet auf der Wahrnehmung der Oberflächenstruktur von Objekten, einstellen, dürften mehr den Flächenfarben nahestehende Übergangsformen erlebt werden, wie wir sie an Gegenständen antreffen, deren Gegenständlichkeit nur durch Umrisse angedeutet ist wie die Gegenständlichkeit sehr entfernter Objekte. Schon um diese Zeit wird aber die Trennung von Beleuchtung und Beleuchtetem beginnen. Die Erscheinungsweise der Farben, die uns veranlaßt, von einem Leuchten zu sprechen, ist offenbar n i c h t aus der Erfahrung gewonnen. Deutliche Oberflächenfarben werden sich zunächst an den Objekten der näheren Umgebung ausbilden, in dem Sternschen Nahraum. „Ferne Objekte werden in dieser Zeit gewöhnlich überhaupt nicht bemerkt, da Akkommodation und Konvergenz auf sie noch nicht eingestellt sind; ihre diffusen Eindrücke bilden den unbestimmten Hintergrund für die deutlich gesehenen und beobachteten Nahobjekte, werden aber nicht selber zu Wahrnehmungs- und Strebungsobjekten.“[3] Die Gegenstände wirken durch viele Sinnespforten auf den kindlichen Organismus ein, um das Bewußtsein der Gegenständlich-

---

[1] W. Preyer. Die Seele des Kindes. 2. Aufl. Leipzig 1890. S. 30.
[2] Vgl. Hess, S. 286.
[3] W. Stern. Zeitschr. f. angew. Psych. Bd. 2, 1909, S. 415.

keit zu erwecken. Dabei haben aber die taktilen und kinästhetischen Erlebnisse ein beträchtliches Übergewicht. Ich möchte vermuten, daß sich das Bewußtsein von den festen Oberflächenfarben und der wechselnden Beleuchtung zunächst allein an den getasteten, vom Kind in die Hand genommenen Gegenständen ausbildet. Das Beharrliche des Tasteindrucks, welches das Bewußtsein von der Identität des Gegenstandes am stärksten anregen muß, wird auch am ehesten zur Synthese der verschiedenen Farbenerlebnisse führen, die sich bei Beleuchtungswechsel einstellen (vgl. S. 379). Ein solcher Beleuchtungswechsel tritt bei Bewegung eines farbigen Körpers durch die Hand des Kindes unvermeidbar ein, indem Objektteile, die eben noch beschattet waren, durch die Bewegung eine normale Beleuchtung erhalten und gleichzeitig normal beleuchtete Objektteile in den Schatten rücken. Bestimmtere Anschauungen über diese Wechselwirkungen taktil-kinästhetischer und optischer Erlebnisse lassen sich zurzeit nicht entwickeln. Es ist eine von mir gehegte Vermutung, die ich allerdings zurzeit nicht streng zu erweisen vermag, daß die Oberflächenfarben mit unter dem Einfluß taktil-kinästhetischer Erlebnisse zustandekommen. Daß Wechselwirkungen innigster Natur zwischen optischen und taktil-kinästhetischen Elementen bestehen, daraufhin deuten auch physiologisch-anatomische Untersuchungen von H. MUNK, die er wie folgt resümiert: „Demgemäß ist unsere bisherige Auffassung der Großhirnrinde . . . dahin zu ergänzen, daß in der Sehsphäre außer den Sehnervenfasern auch Gefühlsnervenfasern ihr Ende finden und durch deren Vermittelung Gefühlsempfindungen entstehen, aus denen im Verein mit Gesichtsempfindungen Gesichtsvorstellungen hervorgehen.“ [1]

Die Beziehungen, die wir zwischen den Deutlichkeitsgraden der Oberflächenstruktur einerseits und der allgemeinen Beleuchtungsstärke und Entfernung der Oberflächenfarben andererseits

[1] Zur Anatomie und Physiologie der Sehsphäre der Großhirnrinde. Sitzungsber. d. Kgl. Ak. d. Wiss. Berlin. Bd. 50, phys.-math. Kl. 1910, S. 1013 f. Den Terminus Gesichtsvorstellung verwendet MUNK offenbar nicht in dem Sinne von Vorstellungsbild, sondern er versteht darunter eine Gesichtswahrnehmung, die auch durch andere als optische Faktoren beeinflußt worden ist.

Die MUNKschen Ausführungen enthalten mannigfache Anregungen für zukünftige psychologische, auch tierpsychologische, Untersuchungen.

beim Erwachsenen geknüpft finden, erfahren beim Kinde ihre Fundierung sowie ihren Ausbau mit der Eroberung des Raumes. Es erscheint nicht aussichtslos, aus dem Verhalten von Kindern gegenüber versuchsmäßig hergestellten Farbeneindrücken frühere Entwicklungsstufen noch nachzuweisen. Ich habe in meiner Mitteilung nachgewiesen, daß die Berücksichtigung einer Beschattung von Oberflächenfarben schon vor dem 4. Lebensjahr stattfindet. Eine ganze Reihe von Tatsachen, wie z. B. die, daß das Kind ihm gehörige Gegenstände an ihrer Farbe wiedererkennt, spricht für eine sehr früh eintretende Ausbildung von Gedächtnisfarben. In dieser Beziehung lernen wir auch als Erwachsene sozusagen niemals aus.

Die Eindrücke des Glanzes, der flächenhaften und raumhaften Durchsichtigkeit sowie aufliegender Lichter und Schatten sind erst nach der Herausschälung von Oberflächenfarben aus dem Rohmaterial der Farbeneindrücke möglich. Vermutlich sind für die Ausbildung des Glanzeindrucks, dessen erstes Stadium uns in dem Eindruck glänzender Körper auf der Netzhautperipherie erhalten sein mag, die Wahrnehmungen bei der Bewegung der glänzenden Körper von ausschlaggebender Bedeutung. Bei dem Spiel, welches das Kind mit glänzenden Körpern treibt, wandern die helleuchtenden Stellen infolge der Bewegung der Körper oder des Kindes selbst, um den matten Oberflächenfarben Platz zu machen und empfangen so den Charakter überschüssiger, lose aufliegender Lichter. Die Entwicklung des Glanzeindrucks sowie der Eindrücke flächenhafter und raumhafter Durchsichtigkeit von Farben muß natürlich im einzelnen davon abhängen, welche optischen Erfahrungen in der das Kind umgebenden Körperwelt möglich sind.[1] Von den mannigfachen Beziehungen, die zwischen der Wahrnehmung von Momenten der Farbmaterie sowie von räumlichen Elementen (diese Bezeichnung im umfassendsten Sinne gebraucht) im Bewußtsein des Erwachsenen bestehen, sind nur die auf S. 60 erwähnten als primitiv zu betrachten, während alle übrigen durch

[1] Es ist also mit Verschiedenheiten im individuellen Entwicklungsgang der Farbenwahrnehmung zu rechnen. Vgl. dazu S. 185 ff. So muß ein Kind, welches im dunklen Keller einer Großstadt aufwächst, sich einen anderen Maßstab für Beleuchtungsstärken erwerben als der junge Beduine, dem sich alles unter der grellen Wüstensonne darbietet.

individuelle Erfahrung gestiftet werden müssen. Die Erfahrungen, aus denen diejenigen Erscheinungen fließen, welche wir in den beiden Feldgrößensätzen formuliert haben, liefern in erster Linie die Wahrnehmungen, die das Kind bei Beleuchtungsänderung in einem Teil des Gesichtsfeldes, veranlaßt durch die Sonne im Freien oder durch künstliche Lichtquellen im Zimmer, erhalten kann. Ob die Ausbildung der Raumwahrnehmung sich mehr im Sinne des Empirismus oder des Nativismus vollzieht, ist für die vorliegenden Fragen nahezu gleichgültig. Wesentlich ist nur, daß ganz bestimmte Farbeneindrücke mit ganz bestimmten Raumverhältnissen zusammen erlebt und in gesetzmäßiger Weise aufeinander bezogen werden müssen. Diese Beziehungen sind sicher, mag es mit der Raumvorstellung wie immer bestellt sein, Beziehungen a posteriori. Um nur ein Beispiel zu geben: Damit die Deutlichkeitsgrade der Oberflächenstruktur die Farbenwahrnehmung in den mehrfach erwähnten Richtungen beeinflussen, muß das Kind die Erfahrung gemacht haben, wie diese Deutlichkeitsgrade mit der Entfernungsänderung der Oberflächenfarbe (und der Beleuchtungsänderung) variieren. Wäre der dioptrische Apparat eines Kindes so eingerichtet, daß der Deutlichkeitsgrad der Oberflächenstruktur mit der Entfernung vom Beobachter (sowie mit der Beleuchtungsänderung von der normalen Beleuchtung weg) zunähme statt abnähme, so würde auch im Bewußtsein des Erwachsenen jener Deutlichkeitsgrad einen anderen Einfluß auf die Farbenwahnehmung ausüben, als er jetzt ausübt.

Die Netzhautperipherie dürfte bereits viel früher, als sie für die Erkennung von Formen oder die Orientierung im Raume in Anspruch genommen wird („offenbar sind die peripher von der macula auf der Netzhaut entworfenen optischen Bilder der im äußeren Raume vorhandenen Objekte für die Wahrnehmung des Kindes noch völlig wertlos")[1], den Eindruck der G-Eindringlichkeit[2] mitbestimmen, der für die Beleuchtungsauffassung mit maßgebend ist. Die Disposition zur Wirksamkeit der Sehsphäre als Ganzes, welche wir als die Grundlage des Eindrucks der G-Eindringlichkeit betrachten, ist als angeboren anzusehen. Ehe die schärfere Trennung der beiden Momente Beleuchtung und Beleuchtetes eintritt, muß sich schon die Gesamtwirkung der Netz-

---

[1] E. Rählmann. Zeitschr. f. Psych. Bd. 2, 1891, S. 69.
[2] Vgl. S. 381.

hauterregung als G-Eindringlichkeit dem kindlichen Bewußtsein gegenüber in irgendeiner Weise geltend machen. Über diesen Gesamteindruck läßt sich nichts Näheres sagen.

Die Angleichung peripherer Farbeneindrücke nach den Momenten ihrer Farbwerte sowie nach ihren Erscheinungsweisen von den Stellen des deutlichsten Sehens aus kann nur durch die Synthese einer Folge von zentralen und peripheren Eindrücken, die das Kind bei Wanderung des Blicks über gleichbleibende Farbenflächen erhält, zustandekommen.

Eine ähnliche Entwicklung wie die eben skizzierte muß, wenn auch in schnellerem Tempo, die Entwicklung der Farbenwahrnehmung beim operierten Blindgeborenen nehmen. Diese eigentlich nicht ganz Blinden dürften vor Behebung des das Sehen behindernden Übels (Verwachsung der Pupillenöffnung oder kongenitale Katarakte) Farbenempfindungen von ähnlicher Erscheinungsweise haben wie wir bei Bestrahlung des geschlossenen Auges mit Licht. Da die operierten Blindgeborenen, wenn es sich um Erwachsene handelt, unmittelbar über ihre Farbenerlebnisse Aussagen machen können, so wäre es erwünscht, künftighin gegebenen Falles bei der Sehprüfung zwischen Fragen nach räumlichen solche nach farbigen Verhältnissen einzuschalten. Unbestreitbar folgt aus bis jetzt veröffentlichten Berichten auch für diese Individuen die geringe Bedeutung peripherer Eindrücke bei den ersten Sehversuchen. Für den Operierten „existiert von dem Gesichtsfeld . . . anfangs kein anderer Teil als nur der direkt gesehene, der sich in der macula lutea abbildet“ (obwohl das Gesichtsfeld in diesem Falle normal groß war).[1] „Excentrische Netzhauteindrücke werden für die Orientierung so gut wie gar nicht verwertet.“[2] (Allerdings war in diesem Fall das Gesichtsfeld des Operierten nicht ganz normal.) Betreffs der Beleuchtungsauffassung werden aber auch für den operierten Blindgeborenen die peripheren Eindrücke bald nach Beginn des Sehens nicht gleichgültig sein. Aus der Tatsache, daß ein Patient UHTHOFFS etwa einen Monat nach der Operation beim Vorhalten eines Stückes glänzenden Staniols dieses weiß nannte, kann man das Nichtvorhandensein

---

[1] RÄHLMANN. A. a. O. S. 91.

[2] W. UHTHOFF. Zeitschr. f. Psych. Bd. 14, 1897, S. 207. In gleichem Sinne spricht sich U. in der Festschrift für HELMHOLTZ aus. S. 146 ff.

des Glanzeindrucks darum nicht folgern, weil kein nichtglänzender Vergleichseindruck gegeben war (HELMHOLTZ-Festschrift, S. 143).

Die Scheidung in primäre und sekundäre Erscheinungsweisen der Farben, die wir an die Spitze unserer Arbeit stellten, kam deskriptiven Bedürfnissen nach. Hier diskutierten wir die Frage nach der zeitlichen Folge, in der sich aller Wahrscheinlichkeit nach jene Erscheinungsweisen im Bewußtsein des Erwachsenen entwickeln. Ich habe nicht die Absicht, der hier skizzierten Entwicklung eine bestimmtere Gestalt zu geben, da diese doch nur einen in vielen Stücken hypothetischen Charakter gewinnen könnte. Unsere Untersuchungen bezeugen die Tatsache, daß so heterogene Farbeneindrücke wie Flächenfarben, Oberflächenfarben, Glanz usw. sich aus einem gewissen Urzustand des Farbensehens unter dem Einfluß auch anderer als farbiger, vor allem räumlicher Faktoren, entwickelt haben. Die Farbeneindrücke bieten sich dem Bewußtsein des Erwachsenen alle mit der gleichen Unmittelbarkeit dar und lassen nicht zu, die verschiedenen Elemente, die auf ihren Aufbau einen Einfluß ausgeübt haben, herauszuerkennen. Auch läßt sich nicht sagen, daß die Farbeneindrücke verschiedener Erscheinungsweise in dem Urzustand des farbigen Sehens alle etwa in nuce enthalten seien.

Die von Forschern wie GLADSTONE und MAGNUS gehegte Vermutung einer Entwicklung des „Farbensinnes" in historischer Zeit darf wohl als widerlegt gelten. Dagegen hat die Hypothese von einer späteren Erwerbung des Rotgrün- und Gelbblau-Sinnes überhaupt, wenn auch in vorhistorischen Zeiten, manches für sich (Farbenblindheit angeborener und erworbener Natur, stärkere Ermüdbarkeit für bunte Farben usw.). Es drängt sich nun unwillkürlich die Frage auf, ob nicht auch eine allmähliche Vervollkommnung des Farbensehens im Dienste des Wiedererkennens der farbigen Umgebung, wenn nicht im Verlauf der Entwicklung des Menschengeschlechts, so doch der Tierreihe stattgefunden hat. Eine solche Entwicklung darf wohl nicht bezweifelt werden. Wenn der relativ so hochdifferenzierte Stäbchenapparat des menschlichen Auges zur Auslösung deutlicher Oberflächenfarben unfähig ist, dürfen wir Augen, die nach ihrer ganzen Anlage in der Wahrnehmung maßgebender räumlicher Verhältnisse (Oberflächenstruktur) noch weniger leisten, die Wahrnehmung von Oberflächenfarben kaum zugestehen.

So mag den lichtperzipierenden Organen der niederen Organismen allein die Fähigkeit zukommen, Farben von der Erscheinungsweise des subjektiven Augengrau oder der Flächenfarben wahrzunehmen. Die Wahrnehmung von Oberflächenfarben und ihre Stempelung zu Eigenschaften von Gegenständen tritt bestimmt erst bei höheren Tieren ein; wahrscheinlich setzt die Wahrnehmung von Oberflächenfarben auch eine größere Leistungsfähigkeit der nervösen Centren voraus.

Abschnitt VII.

Psychophysische Erwägungen.

§ 43. Zur Psychophysik der Oberflächenfarben.

Die mehrfach von uns erwähnte Tendenz der Farbforscher, bei ihren Untersuchungen von der besonderen Erscheinungsweise der Farben überhaupt oder im Sinne der bei geöffneten Augen relativ einfachsten Erscheinungsweise, d. i. der der Flächenfarben, zu abstrahieren, dokumentiert sich auch in der Behandlung der mit den Farbenerlebnissen zusammenhängenden psychophysischen Probleme. Da nach den Ausführungen des Abschnitts VI die primitivste, von Erfahrungen unbeeinflußte Erscheinungsweise der Farben nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit erschlossen werden kann, die Flächenfarben, wie sie sich dem Bewußtsein des Erwachsenen darstellen, wohl bereits Beeinflussungen durch die Erfahrung erlitten haben, so würde es auch nicht ohne jede Willkür sein, den Ausgang der psychophysischen Betrachtung von den Flächenfarben zu nehmen. Wir möchten es darum nicht unterlassen, die Frage nach der psychophysischen Repräsentation verschiedener Erscheinungsweisen von Farben wenigstens aufzuwerfen, wenn wir auch keine große Hoffnung haben, eine befriedigende Antwort auf diese Frage zu finden. Hierzu zwingt uns auch folgende nicht zu übersehende Tatsache. Wenn die Erscheinungsweisen der Farben keinen Einfluß auf Momente der Farb m a t e r i e gewinnen würden, so könnte man jene Frage vollständig von der Frage nach der psychophysischen Repräsentation der Momente der Farbmaterie abtrennen. Da dies offenbar nicht zutrifft, wie uns z. B. die Beobachtungen mit Oberflächenfarben zeigen, so wird es darauf ankommen, eine Vorstellung von der Psychophysik jener Einflüsse zu gewinnen. Ein besonderes Interesse beanspruchen die Oberflächenfarben,

die uns die Aufgabe stellen, das physiologische Korrelat des Erlebnisses ihrer Beleuchtung sowie ihrer Ausgeprägtheitsstufen aufzuweisen.[1]

Die Begründung, die G. E. Müller der Tatsache von der quantitativen Singularität der S-W-Reihe gegeben hat und die bekanntlich von den beiden Tatsachen der endogenen S-W-Erregung sowie dem Antagonismus der peripheren S-W-Prozesse ausgeht, gipfelt in dem Satze, daß . . . „die Intensität der (zentralen) W-Erregung eine eindeutige Funktion des Wertes J_W—J_S (Differenz der peripheren W- und S-Prozesse) und zugleich auch die Intensität der (zentralen) S-Erregung eine eindeutige Funktion desselben Wertes ist oder was auf dasselbe hinauskommt, eine eindeutige Funktion der Intensität der W-Erregung ist, und zwar eine Funktion von der Art, daß ganz allgemein der stärkeren W-Erregung die schwächere S-Erregung zugehört.“[2] Wir gehen wohl nicht fehl in der Annahme, dieses aufgezeigte funktionelle Verhältnis solle nicht nur für eine innerhalb der von G. E. Müller angegebenen Grenzen konstante endogene S-W-Erregung gelten, sondern auch für Konstanz aller sonstigen Faktoren, welche auf das optische Sensorium in der Weise von Einfluß sein können, daß sie die Erscheinungsweise der Farben bestimmen; denn es wird ja die gleiche Erscheinungsweise für die miteinander verglichenen Farben vorausgesetzt. Wir wollen die Konstellation, welche infolge der Wirksamkeit dieser maßgeblichen Faktoren eintritt, kurz als die Einstellung[3] des Sensoriums bezeichnen. Sofern Einstellungen des Sensoriums von verschieden hoher Komplikation möglich sind, mag G. E. Müller bei seiner obigen Ableitung die Einstellung relativ größter Einfachheit im Auge gehabt haben. Nach dem Zusammenhang, in dem sie erfolgt ist, dürfen wir wohl an die den Flächenfarben entsprechende Einstellung denken. Das den Oberflächenfarben entsprechende psychophysische Geschehen muß ganz allgemein demjenigen der

[1] Wir beschränken uns bei dieser Betrachtung auf die tonfreien Farben und eine tonfreie Beleuchtung.

[2] Müller I, S. 61.

[3] Es besteht wohl keine Gefahr, daß die hier gemeinte Einstellung mit der motorischen, der sensorischen oder der konnektiven Einstellung verwechselt wird. (Hinsichtlich der letzteren vgl. v. Kries. Über die Natur gewisser mit den psychischen Vorgängen verknüpfter Gehirnzustände. Zeitschr. f. Psych. Bd. 8, 1895.)

Flächenfarben gegenüber als von höherer Kompliziertheit angesehen werden. Daraufhin weist die Tatsache, daß das gar nicht elementare Bewußtsein der Gegenständlichkeit Voraussetzung für den Eintritt des Eindrucks „Oberflächenfarbe" ist. Hier dürften andere Centra als die optischen in Miterregung versetzt werden, die auf den Charakter des Geschehens in den optischen Zentren selbst zurückwirken; ev. genügt aber auch schon, um die Einstellung des Sensoriums auf Oberflächenfarben zu bewirken, eine Erregung der nach Munk in der Sehsphäre endigenden Gefühlsnervenfasern.[1] Es ist sehr wahrscheinlich, daß die endogene S-W-Erregung ihrer Intensität nach in keiner Weise durch die Einstellungen des Sensoriums auf Flächen- oder Oberflächenfarben, die wir hier zunächst allein einander gegenüberstellen wollen, tangiert wird. Die Einstellung auf Oberflächenfarben hat zur Folge, daß je nach dem Intensitätsgrad der von der Netzhaut zum Sensorium fließenden Erregungen der Eindruck dieser oder jener Beleuchtungsstärke eintritt. Es ist uns nicht möglich, über das physiologische Korrelat des Eindrucks der Gesamteindringlichkeit etwas Bestimmteres zu sagen, mit einiger Sicherheit darf nur die Vermutung ausgesprochen werden, daß seine Besonderheit in der Reaktion nicht einzelner diskreter Orte des Sensoriums, sondern erst in der Gemeinsamkeit der Reaktion aller an der Reaktion beteiligten Orte liegt. An der Tatsächlichkeit eines solchen Korrelats kann man nicht zweifeln, wenn man sich auf den von G. E. Müller für psychophysische Betrachtungen präzisierten Standpunkt stellt, der jedem im Bewußtsein erfaßbaren und nach Art und Stärke variierbaren Faktor ein physiologisches Korrelat entsprechen läßt. Das Merkmal der Beleuchtung finden wir als solch einen Faktor an dem von Oberflächenfarben erfüllten Gesichtsfeld vor. Das physiologische Korrelat des Eindrucks der Beleuchtung muß in ähnlicher Weise variabel sein wie die erlebbare Beleuchtung. Mit der Tatsache der Beleuchtungsauffassung als eines das Sehen von Farben mitbestimmenden Faktors tritt eine Komplikation der psychophysischen Verhältnisse der Farbenempfindungen ein. Zwar bleiben die Verhältnisse, soweit sie die von der Netzhaut zentral geleiteten Erregungen betreffen, dieselben; es kann aber die gleiche aus der peripheren Reizung resultierende zentripetale S- oder W-Erregung

---

[1] Vgl. S. 412.

je nach der vorhandenen Gesamteindringlichkeit eine verschiedene tonfreie Qualität auslösen. Es ist klar, daß der MÜLLERsche Satz von der quantitativen Singularität der S-W-Reihe nach unseren Überlegungen nicht nur für die Flächenfarben mit der ihnen entsprechenden Einstellung des Sensoriums gelten muß, sondern auch für die bei festgehaltener Beleuchtung erlebbaren Oberflächenfarben; bei einer bestimmten Beleuchtungsstärke, mag sie nun normal, stark oder schwach sein, kommt jedes Glied der ihr zugehörigen tonfreien Reihe nur mit einer Ausgeprägtheit vor. Selbst wenn die tonfreien Oberflächenfarben durch psychophysische Prozesse von sehr hoher Kompliziertheit vertreten sein sollten, so sind doch die Variationen, die im Rahmen derselben Beleuchtungsstärke für sie möglich sind, von einer so großen Einfachheit, daß man recht wohl auf die Art der ihnen entsprechenden psychophysischen Prozesse schließen darf. Da für jede Beleuchtungsstärke die prinzipielle Begrenztheit der ihr zugehörigen S-W-Reihe besteht, wäre die Annahme zweier elementarer psychophysischer Prozesse für das Zustandekommen einer jeden dieser Reihe ausreichend.[1]

Es kommen nach unseren Untersuchungen zweifelsohne dieselben tonfreien Oberflächenfarben in verschiedenen Stufen der Ausgeprägtheit vor, wobei nichts daran liegt, ob man mit völliger Sicherheit zwei solcher tonfreier Farben als von positiver Gleichheit bezeichnen kann; es genügt für die nächstfolgenden Betrachtungen, wenn wenigstens das Urteil sicher ist, daß einer tonfreien Farbe bestimmter Ausgeprägtheit eine n a h e z u gleiche von deutlich anderer Ausgeprägtheit entspricht. Unter der Voraussetzung, daß man von der gleichen Qualität der Farben bei verschiedener Ausgeprägtheit auf gleiche Qualität der psychophysischen Prozesse schließen darf, gelten folgende Betrachtungen, über deren skizzenhaften und hypothetischen Charakter ich mich nicht täusche.

Wir haben mehrfach darauf hingewiesen, daß HERING eine Reihe von Beobachtungen beschrieben hat, die die Vorstellung der von uns ausgesprochenen Zweidimensionalität der Mannigfaltigkeit der tonfreien Oberflächenfarben nahelegten. Daß HERING diese Tatsache nicht formuliert hat, muß um so mehr überraschen, als er an einer bestimmten Stelle seiner letzten Arbeit Anschau-

---

[1] Vgl. MÜLLER I, S. 43.

ungen über psychophysische Prozesse tonfreier Farben darlegt, die wie für den Zweck entwickelt zu sein scheinen, der Psychophysik der Gesamtheit der tonfreien Farben zugrunde gelegt zu werden.[1] G. E. MÜLLER[2] hat seiner Zeit mit Recht gegen HERINGS Satz Stellung genommen, daß „psychophysische Prozesse von sehr verschiedener Größe dieselbe Empfindung geben können, weil es überall nicht auf die absolute Größe dieser Prozesse, sondern lediglich auf ihr gegenseitiges Verhältnis ankommt.“[3] Denn in dieser Form ist der Satz unter allen Umständen angreifbar. Denken wir uns darin „dieselbe Empfindung“ ersetzt durch „dieselbe Qualität der Empfindung“, so würde sich nichts gegen ihn einwenden lassen. Als eine Ergänzung des Satzes nach dieser Richtung lassen sich die Ausführungen des § 24 HERINGS letzter Arbeit über diese Dinge ansehen, wo er in scharfer Weise den Unterschied zwischen der Qualität und dem Gewicht eines psychophysischen Prozesses betont. Diese Scheidung vollzieht HERING hauptsächlich im Hinblick auf den Unterschied des Farbensehens mit der Peripherie und dem Zentrum der Netzhaut. Bei gleicher Qualität drängt sich eine Farbe der Netzhautperipherie dem Bewußtsein weniger auf als die des Netzhautzentrums, erstere hat, psychophysisch gesprochen, geringere Intensität. Man fühlt sich versucht, wenn man die Berechtigung anerkennt, den Unterschied des psychophysischen Geschehens, das der Farbenwahrnehmung der Peripherie und des Zentrums der Netzhaut entspricht, in so einfacher Weise zu erklären, denjenigen Unterschied, der hinsichtlich des Farbensehens mit derselben Netzhautstelle bei verschieden starker Beleuchtung des ganzen Sehfeldes besteht, und der ja nach unseren Ausführungen auf S. 278 f. von ähnlicher, wenn auch nicht völlig gleicher Art ist, in ähnlicher Weise repräsentiert zu denken. Es sei uns eine tonfreie Farbe in verschiedener Ausgeprägtheit gegeben. Ist ihre Qualität bestimmt durch den Quotienten g der ihr zukommenden S- und W-Erregungen, so können wir der Tatsache einer verschiedenen Ausgeprägtheit dieser Qualität durch die Formel Ausdruck geben $\frac{a \,.\, J_W}{a \,.\, J_W + aJ_s} = g$.[4] Während g, die die Qualität

[1] HERING VI, S. 108 ff.

[2] MÜLLER I, S. 5.

[3] HERING II, S. 77.

[4] Die Formel drückt die Ähnlichkeit der tonfreien Farbe zum Weiß

des Eindrucks bestimmende Größe, sich nur ändert bei einer ungleich starken Änderung von J_W und J_S, bleibt g konstant, wenn a eine Änderung erfährt, d. h. wenn J_W und J_S sich beide gleichzeitig in demselben Maße ändern. Je größer der Wert von a, desto größere Eindringlichkeit besitzt die betreffende Farbe; denn diese bestimmt sich nach der Summe $(a \, . \, J_W + a \, . \, J_S)$. Denkt man sich in obiger Formel a bis auf Null herabgehen, so kommt dies einer Überführung der tonfreien Farbe unter Erhaltung der Qualität in ihre Unmerklichkeit gleich. Nach der Größe a bestimmt sich die Anzahl der Ausgeprägtheitsstufen, die sich für die betreffende tonfreie Qualität bei einer bestimmten Feinheit der Unterschiedsempfindlichkeit unterscheiden lassen. Es muß dahingestellt bleiben, ob solche Fälle vorkommen, wo unter vollständigem Ausfall des W- oder des S-Prozesses nur noch eine Intensitätssteigerung des verbleibenden S- oder W-Prozesses eintritt. Doch ist eine Entscheidung über diesen Punkt für das Prinzipielle unserer Ableitungen auch unwesentlich. Eindringlichkeitsgleichungen zwischen tonfreien Farben verschiedener Qualität und Ausgeprägtheit lassen sich nach unseren Versuchen (S. 132 ff.) nahezu mit der gleichen Leichtigkeit erreichen wie Einstellungen auf Gleichheit der Qualität bei verschiedener Ausgeprägtheit. Es hatte sich bei diesen Versuchen, auf deren Wichtigkeit wir schon aufmerksam machten, herausgestellt, daß Farbeneindrücke unbeschadet ihrer qualitativen Verschiedenheit dann den Eindruck gleicher Eindringlichkeit machen, wenn sie von annähernd gleich starken retinalen Reizen ausgelöst werden. Es ist von Bedeutung, daß sich die Tatsache der Gleichheit des retinalen Geschehens doch in einer Seite des durch dasselbe ausgelösten Bewußtseinserlebnisses verrät, wie verschieden die betreffenden Bewußtseinserlebnisse in anderen Momenten auch sein mögen. Den zentralen Einflüssen ist hiernach nur eine beschränkte, die von der Peripherie herkommende Nervenerregung nur umformende Wirkung zuzusprechen. Diese Erkenntnis vermag uns zwar nicht ohne weiteres zu einer Vorstellung dessen zu verhelfen, welche bestimmte Umformung eine vorgegebene periphere Erregung durch zentrale Faktoren erfährt; sie enthält aber das Gesetz, dem die eventuell stattfindenden Umsetzungen gehorchen

aus. Diese und die folgenden auf psychophysische Prozesse verweisenden Formeln gebe ich im Anschluß an G. E. Müllers Darstellung (Müller I).

müssen.[1] Die endogene Dauererregung kann entweder durch eine zentripetale S- oder eine zentripetale W-Erregung beeinflußt werden, wobei nach Ausführungen G. E. MÜLLERS unter allen Umständen eine Erhöhung der zentralen Gesamterregung eintritt; die Gesamterregung wollen wir mit Jg bezeichnen. Knüpft sich an eine bestimmte periphere Reizung eine tonfreie Farbe der Qualität a, b oder c usw., so gilt die Gleichung

$$Jg = (J_{sa} + J_{wa}) = (J_{sb} + J_{wb}) = (J_{sc} + J_{wc}) = \ldots\ldots\ldots,$$

wo die zu den Intensitäten J_s und J_w hinzugesetzten Indices a, b, c die diesen Qualitäten entsprechenden Partialprozesse andeuten sollen. Die Kraft, welche die Erregung von der Größe Jg umformt, liegt in dem Moment, welches sich dem Bewußtsein als das Erlebnis „Gesamteindringlichkeit des Gesichtsfeldes" darbietet. Die Tatsache, daß die gleiche periphere Reizung unabhängig von der zentralen Umformung einen gleichen Eindringlichkeitswert besitzt, macht es wahrscheinlich, daß die endogene S-W-Erregung von der speziellen Einstellung des Sensoriums unabhängig ist; dies ist die unter den gegebenen Umständen einfachste Annahme. Wenn auch die zuletzt aufgestellte Formel manchem, vor allem wegen zu großer Einfachheit, anfechtbar erscheinen mag, so verrät sich doch in der Tatsache der zentralen Umformung selbst, welche sie symbolisieren will, ein so interessantes psychophysisches Geschehen, daß dieses eine Darstellung in einer Formel wünschenswert erscheinen ließ.

Es ist der Untersuchung wert, wie weit in dem für die Farbenwahrnehmung geltenden Gesetz von der Erhaltung der psychophysischen Gesamtstärke (s. S. 140) ein allgemeines Prinzip der Wahrnehmung liegt. Selbstverständlich bedarf es einer prinzipiellen Beschränkung auf die Wahrnehmung. Daß gleichstarke periphere Ursachen sehr verschieden kräftige Effekte zu bewirken vermögen, sobald man den sich anschließenden Vorstellungsverlauf mit unter die ausgelösten Wirkungen zieht, bedarf wohl kaum der Erwähnung. (Vgl. hierzu das Telegrammargument in dem Streit um den psychophysischen Parallelismus.)[2]

Es ist bei der vorstehenden Betrachtung über die psychophysischen Verhältnisse der Oberflächenfarben vorausgesetzt, daß diese sich bis auf ihre Beleuchtung mit den daraus fließenden

---

[1] So sagt auch das Prinzip von der Erhaltung der Energie nichts von den besonderen Bedingungen der Energieumsetzungen, sondern es gibt nur an, welches die allgemeinen Bedingungen dieses Umsatzes sind.

[2] EBBINGHAUS, S. 53.

Unterschieden der Ausgeprägtheit nicht oder nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Sobald sie sich unter verschiedenen Umständen darbieten, z. B. durch flächenhafte oder raumhafte Farben gesehen werden, gelten die von uns angenommenen psychophysischen Verhältnisse sicher nicht mehr. W e l c h e psychophysischen Verhältnisse diesen Falles gegeben sind, davon haben wir durchaus keine Vorstellung. In der gleichen Schwierigkeit befinden wir uns gegenüber anderen von uns erkannten gesetzmäßigen Erscheinungen, die für Oberflächenfarben bestehen. Von welcher Art, um zwei Fälle herauszugreifen, die Einwirkung der Wahrnehmung verschiedener Deutlichkeitsgrade der Oberflächenstruktur, die Wahrnehmung der Größe der betrachteten Umgebungsausschnitte auf die psychophysischen Prozesse sind, wagen wir nicht einmal anzudeuten, obwohl man an der T a t s ä c h l i c h k e i t solcher Einwirkungen nicht zweifeln kann. Hier begnügen wir uns mit der „psychologischen" Darlegung der Erscheinungen und werden uns voraussichtlich noch auf unabsehbare Zeit begnügen müssen.

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.) G. m. b. H., Naumburg a. S.





